PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 20. Oktober 1904. 5. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 22 am 19. Oktober 1904.

INHALT.

76. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau, vom 18. bis 24. September 1904. S. 649.

Vorträge und Diskussionen von der 76. Naturforscherversammlung zu Breslau:

E. Hoppe, Zur Konstitution der Magnete. S. 650.

H. Hartl, Über neue physikalische Vorlesungsapparate. S. 655.

C. Pulfrich, 1. Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe. 2. Über einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheodoliten. 3. Über die stereophotogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus. 4. Über eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahmen. S. 656.

R. Müller-Uri, Vorführung von Vakuumapparaten. S. 659.

C. Dieterici, Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen.

W. Scheffer, Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten. S. 663.

A. Köhler, Eine mikrophotographische Einrichtung für ultraviolettes Licht ($\lambda = 275\ \mu\mu$) und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe. S. 666.

J. Stark, Bedienung und Anwendung der Quecksilberlampe aus Quarzglas. S. 673.

O. Lummer u. P. Weiss, N-Strahlen. S. 674.

W. Nernst, Beitrag zur Kenntnis chemischer Gleichgewichte bei hohen Temperaturen. S. 677.

L. Grunmach, Über gemeinsam mit Herrn Reg.-Rat E. Meyer ausgeführte Versuche zur Gewichtsbestimmung der Emanation des Gieselschen Emanationskörpers. S. 677.

L. Grunmach, Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichtes von verflüssigtem Stickstoffoxydul. S. 677.

A. Wehnelt, Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden und damit zusammenhängende Erscheinungen. S. 680.

O. Lummer, Auflösung feinster Spektrallinien. S. 682.

W. Schmidt, Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen. S. 683.

H. Th. Simon, Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompassstellung. S. 686.

M. Reinganum, Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile. S. 687.

L. Graetz, Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds. S. 688.

J. Rosenthal, Über einige Verbesserungen an Quecksilberluftpumpen Sprengelscher Art. S. 690.

W. Stern, Demonstration des „Tonvariators". S. 693.

K. Schreber, Explosionsmotoren mit Wassereinspritzung. S. 696.

K. Schreber, Kraft, Gewicht, Masse, Stoff, Substanz. S. 697.

G. Bredig und F. Epstein, Adiabatische Reaktionskinetik chemischer Systeme. S. 698.

Eugen Meyer, Die Bedeutung der Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung motorischer Kraft. S. 699.

Bericht u. Debatte über den naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht an den höheren Schulen.

K. Fricke, Über die heutige Lage des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen. S. 708.

F. Klein, Bemerkungen zum mathematischen und physikalischen Unterricht. S. 710.

F. Merkel, Wünsche betreffend den biologischen Unterricht. S. 717.

G. Leubuscher, Schulhygienische Erwägungen. S. 720.

Besprechungen:

V. Bjerknes, Carl Anton Bjerknes. S. 727.

E. König, Die Farbenphotographie. S. 727.

Jahrbuch der Naturwissenschaften. S. 728.

C. Engler u. J. Weissberg, Kritische Studien über die Vorgänge der Autoxydation. S. 728.

Personalien. S. 728.

76. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau, vom 18. bis 24. September 1904.

Die Hauptstadt Schlesiens vereinigte in der Zeit vom 18.—24. September eine, trotz der östlichen Lage Breslaus achtunggebietende Zahl von Naturforschern und Ärzten, und diese dankte dadurch vielleicht am besten für die überaus gastliche und freundliche Aufnahme, welche seitens der Stadt dargeboten wurde. Schon der Begrüssungsabend der Teilnehmer am Sonntag, den 18. Sept. spielte sich in drangvoll fürchterlicher Enge ab und bei der grossen Eröffnungssitzung am nächsten Morgen waren die gewaltigen Räume des Stadttheaters überfüllt. An die üblichen Begrüssungsansprachen schlossen sich dann die beiden Vorträge:

Roux (Halle): „Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft" und

Gazert (Berlin): „Die deutsche Südpolarexpedition".

Beide Hauptgruppen der Versammlung vereinigten sich am Donnerstag, den 22. zu einer Gesamtsitzung, in welcher „Bericht und Debatte über den naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht an den höheren Schulen" als Verhandlungsgegenstand vorlag: Es sprachen zu diesem Thema:

1. K. Fricke (Bremen): Die heutige Lage des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen.
2. F. Klein (Götttingen): Bemerkungen zum mathematischen und physikalischen Unterricht.
3. F. Merkel (Göttingen): Wünsche betreffend den biologischen Unterricht.
4. G. Leubuscher (Meiningen): Schulhygienische Erwägungen.

Diese Vorträge sowie die sich anschliessende Diskussion werden unten ihren Platz finden.

Für die gemeinsame Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe war als Verhandlungsgegenstand „die Eiszeit in den Gebirgen der Erde" gewählt, deren Behandlung in den Händen der Herren E. Brückner aus Bern, Hans Meyer aus Leipzig und J. Partsch aus Breslau lag. Es sprach der erstere über: „die Eiszeit in den Alpen", der zweite über: „die Eiszeit in den Tropen" und der letztere über: „die Eiszeit in den Gebirgen Europas zwischen dem nordischen und dem alpinen Eisgebiet".

Die zweite allgemeine Versammlung mit den Schlussansprachen fand am Freitag, den 23. statt und brachte Vorträge von:

1. Eugen Meyer (Charlottenburg) über: „Die Bedeutung der Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung motorischer Kraft".
2. Haberlandt (Graz): „Sinnesorgane im Pflanzenreiche".
3. Rhumbler (Göttingen): „Zellenmechanik und Zellenleben."

Die Abteilungssitzungen der physikalischen Sektion fanden im grossen Hörsaale des physikalischen Instituts der Universität statt, dessen Direktor Geheimrat Prof. Dr. O. E. Meyer leider durch die Folgen eines unglücklichen Falles an

der Teilnahme an den Verhandlungen verhindert war, aber an Herrn Direktor Dr. Th. Schmidt einen thatkräftigen Vertreter gefunden hatte. Die Sitzungen der Sektion nahmen einen sehr regen Verlauf und die einzelnen Verhandlungsgegenstände wurden zum Teil äusserst lebhaft und erfolgreich diskutiert. Auch das aussergeschäftliche Leben der Sektion, die Pflege gegenseitiger Beziehungen und regen Meinungsaustausches, war ein sehr glückliches zu nennen, an das jeder Teilnehmer mit Freuden zurückdenken wird.

Im einzelnen gestalteten sich die Sitzungen folgendermassen:

Montag, den 19. nachmittags unter dem Vorsitz von Herrn Direktor Dr. Th. Schmidt (Breslau):

1. Edmund Hoppe (Hamburg-Dockenhuden): Zur Konstitution der Magnete.
2. E. Grimsehl (Hamburg): Demonstration eines Pendels mit direkt messbarer Pendellänge.
3. Hans Hartl (Reichenberg): Neue physikalische Vorlesungsapparate.

Dienstag, den 20. morgens unter dem Vorsitz von Herrn Professor Lecher (Prag):

1. Müller-Uri (Braunschweig): Vorführung von Vakuumapparaten.
2. W. Scheffer (Berlin): Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten.
3. Dieterici (Hannover): Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen.
4. A. Köhler (Jena): Eine mikrophotographische Einrichtung für ultraviolettes Licht ($\lambda = 275\ \mu\mu$) und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe.

Vor dieser Sitzung wohnte die Sektion einem in der mathematischen Sektion gehaltenen Vortrage von

C. Pulfrich (Jena) bei über:

a) einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe,
b) einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheodoliten,
c) die stereo-photogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus,
d) eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahmen.

Dienstag Nachmittag fand eine gemeinsame Sitzung mit der Sektion Chemie, einschliesslich Elektrochemie statt, in welcher Herr Geheimrat Ladenburg den Vorsitz führte. Diese Sitzung brachte:

1. J. Stark (Göttingen): Bedienung und Anwendung der Quecksilberlampe aus Quarzglas.
2. Diskussion über N-Strahlen: Lummer (Berlin) und Weiss (Zürich).
3. G. Bodländer (Braunschweig): Elektrometrische Kohlensäurebestimmung.
4. W. Nernst (Göttingen): Beitrag zur Kenntnis chemischer Gleichgewichte bei hohen Temperaturen.

Am Mittwoch Morgen fand eine weitere Sitzung der physikalischen Sektion statt, bei welcher Herr Prof. Dr. Voller (Hamburg) das Präsidium führte. Es wurden folgende Vorträge gehalten:

1. L. Grunmach (Berlin): Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichtes von verflüssigtem Stickstoffoxydul.
2. A. Wehnelt (Erlangen): Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden und damit zusammenhängende Erscheinungen.
3. A. Voller (Hamburg): Über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer des Radiums im Zustande sehr feiner Verteilung.
4. O. Lummer (Berlin): Über die Auflösung feinster Spektrallinien.
5. W. Schmidt (Giessen): Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen.
6. M. Reinganum (Münster): Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile.
7. H. Th. Simon (Göttingen): Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompassstellung.

Die letzte Sektionssitzung fand am Mittwoch Nachmittag unter dem Vorsitze von Herrn Professor O. Lummer (Berlin) statt und brachte folgende wissenschaftliche Vorträge:

1. L. Graetz (München): Strahlungsartige Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds.
2. W. Nernst (Göttingen): Strahlung der Gase.
3. J. Rosenthal (München): Verbesserungen an Quecksilberluftpumpen Sprengelscher Art.
4. W. Stern (Breslau): Demonstration des Tonvariators.

In der Abteilung: Angewandte Mathematik und Physik, Elektrotechnik, Ingenieurwissenschaften fanden folgende Vorträge statt:

1. K. Schreber (Greifswald): Explosionsmotoren mit Wassereinspritzung.
2. Dietrich (Breslau): Das Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München.
3. K. Schreber (Greifswald): Über Kraft, Gewicht, Masse, Stoff und Substanz.
4. Fränkel (Breslau): Allgemeine Einführung von Kraft und Elektrizität im landwirtschaftlichen und gewerblichen Betriebe, sowie Nebenbahnen.

Ein besonderes Lob verdient noch die vorzüglich arrangierte Ausstellung, welche eine reiche Fülle des Sehenswerten darbot und auch für die Physiker eine wertvolle Ergänzung der Abteilungssitzungen bildete.

Für die im nächsten Jahre stattfindende 77. Tagung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte wurde Meran als Versammlungsort gewählt.

E. Bose.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 76. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU BRESLAU.

Edm. Hoppe (Hamburg), Zur Konstitution der Magnete.[1])

Durch die Untersuchungen von Hagenbach[2]) und Olshausen[3]) ist nachgewiesen, dass der alte Streit um die Anwendung des Biot-Savartschen Gesetzes nicht durch Untersuchungen mit geschlossenen Strömen erledigt werden kann, dass man vielmehr dies Gesetz sowohl auf die mit dem Magneten starrverbundenen Leiterteile, wie auch auf die feststehenden Leiterteile anwenden kann, ohne mit der Erfahrung oder dem Gesetz der Erhaltung der Energie in Widerspruch zu geraten. Dagegen macht Hagenbach darauf aufmerksam, dass, wenn man die Ampèresche Vorstellung von der Ersetzbarkeit der Elementarmagneten durch Elementarströme zu Grunde legt, die elektrodynamische Wirkung zwischen diesen Elementarströmen doch in der Verbindungslinie je zweier der Ströme liegt, also nicht genügend ist, die aus dem Biot-Savartschen Gesetze abgeleitete Kraft zu ersetzen, wenn man sie anwendet auf

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 19. Sept.
2) Hagenbach, Ann. d. Phys. **4**, 233, 1901.
3) Olshausen, ib. **6**, 681, 1901.

die in einem Magneten vorhandenen Elementarmagnete. Obwohl also das Biot-Savartsche Gesetz durch jene Untersuchungen als völlig ausreichend nachgewiesen ist zur Erklärung sämtlicher Rotationserscheinungen und der durch Rotationen erzeugten Induktionsströme, so besteht doch noch ein theoretisches Interesse an der Frage, ob der Sitz der Induktion in dem mitrotierenden Teile der Leitung oder in dem ruhenden Teile derselben zu suchen sei. Im ersteren Falle wäre die Ampèresche Vorstellung von der Konstitution der Magnete unzulässig, im zweiten Falle könnte man in der That den Elementarmagneten durch einen Elementarstrom ersetzen. Wenn man aber das Biot-Savartsche Gesetz auf die rotierenden Teile des Magneten selbst anwendet, so müssen die Enden der Achse des Magneten eine elektrische Spannungsdifferenz besitzen gegen den symmetrisch zur Achse liegenden Mittelschnitt, d. h. je nach der Rotation muss an dieser Peripherie des Mittelschnittes positive oder negative Ladung gefunden werden, während die Endflächen der Magnete die entgegengesetzte Ladung aufweisen.

Auch wenn man von der Vorstellung des Kraftfeldes ausgeht, besteht dieser Gegensatz. Setzt man voraus, dass das Kraftfeld mit dem Magneten fest verbunden ist, so kann der rotierende Magnet auf die mit ihm verbundenen Leiterteile, also auch auf sich selbst keinerlei Induktionswirkung ausüben, sondern nur auf die in relativer Ruhe befindlichen Teile der Leitung. Stellt man sich dagegen das Feld als stationär vor, oder auch als mit anderer Geschwindigkeit rotierend als der Magnet selbst, so wird der Magnet auf sich selbst eine induzierende Wirkung ausüben und ebenso, wie oben geschildert, an seinen Polenden und in der Peripherie seines symmetrischen Mittelschnittes Ladung erzeugen. Eine Entscheidung über die Zulässigkeit dieser letzten Vorstellung scheint mir nun bereits der Versuch erbracht zu haben, welchen ich im vorigen Jahre veröffentlichte[1]), und der bereits anderweitig Bestätigung gefunden hat. Ich zeigte da, dass die auf einem Blatt Papier oder einer Glasplatte erzeugten Eisenpulverkraftlinien eine erhebliche Abweichung von der radialen Anordnung aufweisen, wenn man das Pulver erst während der Rotation aufstreut, vorausgesetzt, dass das Feld stark genug ist. Man kann die Ablenkung sehr verstärken, wenn man auf die Fläche einen weiten Eisenring legt, welcher wegen des starken Haftvermögens das Fortschreiten der Linien in den peripheren Teilen mehr verzögert als in den unmittelbar an den Mantel des Magneten grenzenden Teilen. Bei einem cylindrischen Eisenkern von 3,2 cm Durchmesser, welcher durch eine Drahtspule mit einem Strom von 8 Amp. ein magnetisches Moment von 15 197 c. g. s. erhielt, erzielte ich bei einer Rotation von 10 Umdrehungen in der Sekunde unter Anwendung eines 9 mm dicken Eisenringes, dessen innerer Durchmesser 5 cm betrug, Abweichungen der Kraftlinien von der radialen Richtung bis zu 2 mm am Mantel des Magneten. Am deutlichsten werden diese Abweichungen der Kraftlinien, wenn man eine Papierfläche nimmt, die den rotierenden Magneten recht eng umschliesst, und diese in der Lage befestigt, dass sie die Achse des Magneten gerade in dem Pol schneidet. Natürlich muss man das fallende Eisenpulver vor dem Luftzuge, den die Rotation des Magneten machen würde, durch einen Papiercylinder, welchen man in die ausgeschnittene Öffnung klebt, schützen. In dieser Lage sind ja die Kraftlinien horizontal und infolgedessen bleiben die Eisenstaubteilchen nach Aufhören des Stromes in der durch die Drehung eingenommenen Lage ruhig liegen. Stellt man dagegen die Kraftlinien auf einer Platte oberhalb des rotierenden Magneten dar, so zeigen dieselben freilich auch die Abweichungen, aber da die Kraftlinien hier vertikal geneigt sind, stehen die Eisennadeln schräg gegen die Fläche, und im Augenblick der Stromöffnung fallen dieselben um und machen dadurch die Richtung der Kraftlinien weniger deutlich.

Übrigens hätte man wohl aus der Thatsache, dass auch der stärkste Magnet beim Rotieren um seine Achse keine Temperatursteigerung erfährt, den Schluss machen dürfen, dass sein Kraftfeld mit ihm rotiert.

Wenn nun auch durch diese Versuche wohl erwiesen ist, dass das Feld mit dem Magneten rotiert, wobei man sowohl allein den Eisenkern rotieren lassen kann, wie auch den ganzen Elektromagneten, ohne an der Erscheinung etwas Wesentliches zu ändern, so könnte man immerhin noch meinen, dass das Feld eine langsamere Rotation besitze als der Magnet, obwohl die Versuche mit dem Eisenring doch die Vermutung nahe legen, dass die Erscheinung der Hemmung in einem Medium mit dem Haftvermögen 0 gänzlich verschwinden würde und also dort die Rotationsgeschwindigkeit des Feldes durchaus der des Magneten gleich wäre. Immerhin erschien es wünschenswert zu versuchen, durch Elektrometer-Messungen festzustellen, ob der rotierende Magnet eine statische Ladung besitze oder nicht, da diese Entscheidung auch für die erste Art der Anschauung von Wichtigkeit zu sein schien.

Nachdem durch die Messungen Herrn Grotrians[1]) festgestellt war, dass mit einem nach

1) Hoppe, Mitteilungen der Mathem. Gesellschaft in Hamburg 1903, S. 125.

1) Grotrian, Ann. d. Phys. 6, 794, 1901.

Dolezaleks[1]) Angaben hergestellten Elektrometer Spannungen der Grössenordnung, wie sie bei solchem Rotationsversuch vorkommen, gemessen werden können, handelte es sich nur darum, eine Methode aufzufinden, welche durch solche Messung eine Entscheidung zu fällen gestattete. Eine solche Entscheidung hatten die Messungen des Herrn Grotrian nicht gebracht. Derselbe hatte den zur Nadel des Elektrometers führenden Draht schleifen lassen an dem Centralschnitt des Magneten, der senkrecht zur Achse gelegt ist (ich habe den Schnitt als Symmetrieschnitt bezeichnet), dann beobachtete er Ablenkungen bis zu 14 Skalenteilen. Sobald die Berührung mit dem Magneten aufgehoben wurde, erhielt Herr Grotrian keine bestimmten Ausschläge. Diese Unbestimmtheit muss auf irgendwelche Störungen in dem Elektrometer oder der Isolierung zurückgeführt werden, denn nach keiner der vorhandenen Theorien konnte der Elektrometerausschlag einfach verschwinden. Ist der Sitz der Induktion in dem ruhenden Teile der Leitung zu suchen, so muss die Höhe der Ladung lediglich von der Distanz des Endpunktes von der Achse des Magneten abhängen, wie unten gezeigt wird; ist aber auf dem Magneten eine statische elektrische Ladung vorhanden, so muss diese auf das genäherte Leitungsende influenzierend wirken, und das Elektrometer muss ebenfalls eine Ladung anzeigen, wie ebenfalls weiter unten näher ausgeführt wird. Also wenn auch seine Versuche nicht mit unbestimmtem Ergebnis geschlossen, sondern ganz messbare Ladungen ergeben hätten, wäre nichts damit entschieden worden.

Die Schwingungsdauer der Elektrometernadel meines Apparates war je nach den Quarzfäden verschieden, bei dem einen von 0,006 mm Dicke war dieselbe 47″, bei einem anderen noch feineren Faden hatte ich die Schwingungsdauer zu 62″ gemessen. Die Empfindlichkeit im ersteren Falle, wo die Quadrantenpaare mit + 108 Volt geladen waren und die Nadel von einem Akkumulator mittels Brücke eine Teilladung erhielt, ergab für $^1/_2$ Skalenteil 0,00673 Millivolt.

Um nun Messungen anzustellen, welche die Frage entscheiden könnten, wählte ich folgende Anordnung (Fig. 1). Ein cylindrischer Eisenkern a stand vertikal auf der Achse eines Rotationsapparates, durch eine Spule b wurde derselbe magnetisiert; diese Spule b stand entweder fest in einem Stativ, so dass der Eisenkern allein rotierte, oder sie wurde durch einen kleinen Bleikeil bei der Rotation des Eisenkerns mitgenommen. Dann wurde der Strom durch zwei gleichfalls am Eisenkern angebrachte

1) Dolezalek, Verhandlungen d. Phys. Gesellschaft **3**, 18, 1901.

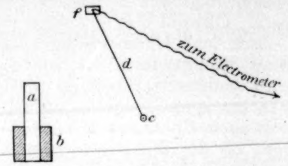


Fig. 1.

Schleifringe der Spule durch Kupferfedern zugeführt, so dass der Magnet dauernd die gleiche Polarität besass. Es ergab sich bei den Versuchen, dass diese beiden Methoden einen wesentlichen Unterschied nicht ergaben. Nun wurde eine Messingkugel c von 1,5 cm Durchmesser an einem 820 mm langen Silberdraht d von 0,1 mm Durchmesser an einem Hartgummibalken f isoliert aufgehängt in eine solche Entfernung von a, dass dieselbe bei bestimmter Elongation pendelnd gerade gegen die Mitte des Mantels von a an diesen anschlägt. In dem unten angegebenen Falle war die Entfernung ca. = 76 cm. Ich habe aber auch mit verschiedenen Entfernungen beobachtet von 30 cm bis zu 75 cm. Von f führte ein feiner Silberdraht, der mit dem Suspensionsdraht der Kugel verbunden war, an den Knopf der Elektrometernadel, welche in ca. 1,5 m Entfernung aufgestellt war. Die Elongation der Kugel wurde durch einen Hartgummigriff, den ich an einem Stativ befestigte, bewirkt. Durch eine geringe Verschiebung dieses Stativs konnte die Elongation um 1 bis 2 mm verkleinert werden, so dass die pendelnde Kugel dann den Magnetenmantel nicht ganz berührte, sondern nur bis in seine Nähe kam. Nach Beendigung einer ganzen Schwingung wurde die Kugel von dem Hartgummigriff wieder aufgefangen, was durch eine leichte Neigung des Stativs bequem zu erreichen ist. Nachdem die Einstellung einmal genau ausprobiert ist, kann die Ausführung dieser Pendelbewegung mit und ohne Berührung des Magneten beliebig oft wiederholt werden. Ob das beabsichtigte Berühren stattgefunden hat, verrät der dabei erzeugte Klang.

In einer früheren Publikation[1]) habe ich aus den Maxwellschen Gleichungen unter der Voraussetzung, dass das Koordinatensystem so gewählt wird, dass die z-Achse mit der Achse des Magneten zusammenfällt und der 0-Punkt in der Mitte des Magneten liegt, das Potential für einen Punkt xyz abgeleitet zu

$$(1)\qquad V = \frac{n \cdot \mu \cdot z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + C,$$

wo n die Winkelgeschwindigkeit, μ die Stärke des Poles und C eine Konstante darstellen.

1) Hoppe, Ann. d. Phys. **8**, 670, 1902.

Bezeichnet man mit α und β die Winkel, welche die Verbindungslinie zwischen Pol und den Punkten $x_1 y_1 z_1$ resp. $x_2 y_2 z_2$ mit der z-Achse machen, und bezeichne a die Anzahl der Umdrehungen des Magneten in einer Sekunde, so folgt daraus die elektromotorische Kraft

$$(2)\quad E = V_1 - V_2 = -\frac{2\pi a \cdot}{10^5}(\cos\alpha - \cos\beta)$$

Millivolt.

Da für einen Strom von 8 Amp. in der Spule a, sowohl nach magnetischen Messungen, wie nach Induktionsmessungen, $\mu = 1169\ \mathrm{cm}^{\frac{3}{2}}\ \mathrm{g}^{\frac{1}{2}}.\ \mathrm{sec}^{-1}$ war, so würde für eine Verschiebung der Kugel c von einem Punkt, wo der Winkel $\beta = 83^0\,51'$ war, zu einem Punkt mit dem Winkel $\alpha = 15^0\,49'$ eine elektromotorische Kraft $C = 0{,}4992$ Millivolt erzeugt werden müssen. Wird die Kugel aber wieder in die ursprüngliche Lage zurückgebracht, so würde die entgegengesetzte Induktion stattfinden, das Gesamtresultat ist also 0. Daran wird nun nichts geändert durch die Überlegung, dass die Kugel sich nicht in der Symmetrieebene bewegt, was bei Ableitung jener Gleichung vorausgesetzt war, denn wir hatten dazu die Strömungskomponente in der z-Richtung $= 0$ gesetzt. Man kann nämlich eine genau gleiche Ableitung auch für yz- oder xz-Ebene anstellen, wie sie hier für die xy-Ebene gewählt war, und erhält durch Superposition beider Werte wieder das Resultat der Gleichung 1 und 2. Also wird auch für die Pendelbewegung der Kugel c die Gleichung 2 das Resultat für die Induktion sein. Wir dürfen also für unsere Betrachtung die Pendelschwingung ersetzt denken durch eine Verschiebung der Kugel c in der Richtung des Radius in der Symmetrieebene des Magneten mit konstanter Geschwindigkeit. Während nun aber die Kugel c diese Bewegung ausführt, hat der Magnet seine Rotation ausgeführt, und zwar während die Kugel von der Peripherie eines Kreises durch den Punkt 1 in Fig. 2 zu

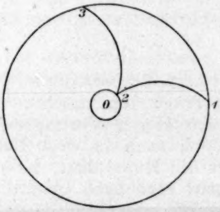


Fig. 2.

einem Punkte der Peripherie durch 2 und wieder nach 1 zurückgeht, hat der Magnet sich um den Winkel 103 gedreht. Dann lässt sich diese doppelte Bewegung auf die Kugel allein übertragen, und die Induktion muss dann ebenso gross sein, als ob die Kugel auf den in Fig. 2 gezeichneten Kurven von 1 nach 2 und nach 3 gegangen wäre, das Feld aber in Ruhe geblieben wäre. Da nun bei einem homogenen Felde auf der Peripherie eines Kreises überall das gleiche Potential vorhanden ist, muss die Integration über die Kurve 123 den gleichen Betrag geben, als ob die Kugel auf der Peripherie selbst von 1 bis 3 gegangen wäre, oder als ob die Kugel ruhig in 1 geblieben wäre und das Feld allein rotiert hätte. In unserem Falle, wo der Magnet in 1 Sek. 10 Umdrehungen machte, während das Pendel ca. 1 Schwingung ausführte, würde die Kurve die Form einer Spirale erhalten, welche in ca. 10 Windungen sich dem Punkte 2 bis zur Berührung näherte, um dann nach weiteren 10 Windungen wieder zum ersten Kreise zurückzukehren. Setzen wir also voraus, dass das Feld mit den Magneten rotiert, so muss es gänzlich irrelevant sein, ob die Kugel bei der Pendelschwingung den von der Erde isolierten Magneten berührt oder nicht, da das Potential V mit dem Kos. des Winkels α wächst. Freilich werden wir den vollen Ausschlag der Elektrometernadel, den wir erhalten würden, wenn die Kugel im Punkte 2 fest läge, nicht erwarten dürfen, denn die Schwingungsdauer des Pendels ist ca. 1 Sek., die der Nadel dagegen ca. 60 Sek. Die Kugel ist also längst in die Lage 3 zurückgekehrt, ehe die Nadel Zeit gehabt hat, eine Schwingung auszuführen.

Ganz anders muss das Experiment ausfallen, wenn auf dem Magneten durch die Rotation eine statische Ladung entsteht. Sei der Vektor dieser Ladung G, so wird auf der Kugel c durch eine Bewegung in der x-Achse eine Elementarladung entstehen $\varepsilon = -\frac{K}{4\pi}\cdot\frac{\partial G}{\partial x}$; wo K die Dielektrizitätskonstante ist. Bezeichnen wir die Flächendichte der elektrischen Ladung auf dem Magneten mit ϱ, den Radius des Magneten mit a und mit f eine Konstante, so ist

$$(3)\quad G = f \cdot \frac{\varphi_{(\varrho)}}{(x-a)^2}\,.$$

Diese Funktion ist also stetig, solange $x-a$ einen positiven Wert hat; aber für $x = a$ tritt Unstetigkeit ein. Wenn also die Kugel c den Mantel des Magneten berührt, muss nach dieser Theorie eine Unstetigkeit des Anwachsens der Ladung eintreten. In dem Augenblick verteilt sich die Ladung des Magneten über die ganze Elektrometer-Leitung. Sei F die mit Elektrizität belegte Fläche des Magneten, F' die Oberfläche der pendelnden Kugel + Leitungsdraht + Nadel, ϱ die ursprüngliche Dichte der Elektrizität auf dem Magneten, so ist die nach der Berührung auf der Nadel eintretende Dichte

$$\varrho' = \frac{\varrho \cdot F \cdot F'}{(F + F')} \quad (4)$$

Dass bei einer statischen Ladung dies wirklich der Gang des Experiments sein würde, lässt sich leicht mit einem isolierten Konduktor und einem gewöhnlichen Aluminiumblatt-Elektroskop nachweisen. Es ist das ein recht instruktiver Vorlesungsversuch für den Nachweis eines statischen Kraftfeldes. Lässt man die Kugel aus grosser Entfernung gegen einen solchen isolierten Konduktor, dessen Ladung gar nicht sehr hoch zu sein braucht, ohne Berührung pendeln, so steigt die Ablenkung des Aluminiumblattes ganz regelmässig und nimmt ebenso gleichmässig wieder ab. Sobald aber Berührung eintritt, erfolgt ein plötzlicher Ausschlag des Elektroskops und diese Ladung bleibt konstant nach Aufhören der Berührung und nach Rückkehr der Kugel in die Ruhelage. Darnach würde also das Ergebnis beider Theorien für unsere Anordnung das gleiche Resultat haben, solange die Kugel den Magneten nicht berührt. Sobald aber Berührung eintritt, zeigt sich die Differenz der Theorien. Für die erste Auffassung nach Gleichung 2 ist die Berührung ohne jede Bedeutung, für die zweite Theorie nach Gleichung 3 tritt bei der Berührung eine plötzliche Zunahme der Ladung und eine dauernde Ladung der Elektrometernadel ein.

Zunächst zeigen die Beobachtungen die Brauchbarkeit meines Elektrometers zu diesen Messungen.

In folgender Tabelle giebt Kolumne 1 die Entfernung an, in welcher die Kugel c von dem Mantel des rotierenden Magneten durch einen isolierenden Hartgummigriff gehalten wird. In Kolumne 2 gebe ich die beobachteten Ausschläge bei einer Rechtsdrehung des Magneten, in 3 bei einer Linksdrehung des Magneten, in Kolumne 4 steht der mittlere Ausschlag, welcher für die Berechnung in Kolumne 6 zu Grunde gelegt war, in Kolumne 5 gebe ich den Wert E nach Formel 2 berechnet, in Kolumne 6 den Wert von E aus den Ausschlägen der Nadel berechnet. Der Magnet rotierte bei allen diesen Versuchen mit der Geschwindigkeit von 10 Umdrehungen pro Sek.

Distanzen	Ausschlag			E nach Formel	E n. Ausschlag
	+	−	Mittel		
0	58	57,1	57,5	0,66041	0,66
3	53,8	51,2	52,5	0,59962	0,61
4	47	51,3	49,1	0,58605	0,562
76	1,5	2	1,75	0,02995	0,020

Bei der Distanz 0 wurde die Kugel c durch eine schleifende Kupferfeder ersetzt. Nachdem durch diese Messungen dargethan ist, dass das Elektrometer in der That eine Messung dieser Ladungen gestattet, liess ich die Kugel aus der Elongation 76 cm eine Pendelschwingung machen gegen den rotierenden Magneten, zuerst ohne denselben zu berühren, dann durch Vergrösserung der Elongation um 2 mm mit Berührung des Magneten, während dieser dauernd in gleichmässiger Rotation gehalten wurde. Nach jeder Schwingung wurde die Kugel wieder am isolierenden Griff arretiert. Die Elektrometernadel setzt sich nun beim Beginn des Pendelns der Kugel sofort in Bewegung und erreicht Maximalausschläge von 25,5 Skalenteilen bei Links- und Rechtsbewegung des Magneten, gewöhnlich werden ca. 20 Skalenteile Ausschlag erreicht, und kehrt dann wieder auf die ursprüngliche Ablenkung von ca. 2 Skalenteilen zurück, welche auch bei ruhender Kugel und rotierendem Magneten beobachtet war. Bei dem Verhältnis der Schwingungsdauern von Kugel und Nadel ist natürlich die Nadel auf dem Maximum ihrer Ablenkung erst angekommen, wenn die Kugel längst wieder in Ruhe ist, darum erfolgt keine Einstellung der Nadel auf eine bestimmte Ablenkung, sondern man kann nur den Ausschlag beobachten. Wird nun die Kugel soweit zurückgezogen, dass sie beim Pendeln deutlich gegen den Magneten anschlägt, so zeigt die Elektrometernadel keinerlei Änderung ihres Verhaltens, sie schwingt genau so gleichmässig aus, erreicht die gleiche Maximalstellung und kehrt ebenso gleichmässig in die ursprüngliche Lage zurück; sie zeigt also keine Dauerladung, wie es die Gleichung 4 doch verlangte, wenn man von der Theorie der Gleichung 3 ausgeht.

Damit scheint mir in der That der Beweis erbracht zu sein, dass man von jeder Theorie absehen muss, die auf dem rotierenden Magneten eine statische Ladung etablieren würde. Also für die Betrachtung mit Kraftlinien kann man nur annehmen, dass diese sich mit den Magneten drehen und für die ältere Betrachtungsweise ergiebt sich die Zulässigkeit der Ampèreschen Vorstellung, dass die Elementarmagnete durch Elementarströme ersetzbar sind.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Lecher-Prag: Ich möchte mir folgende Frage an den Herrn Vortragenden erlauben. Es muss doch auch in dem Draht induziert werden, der die Kugel hält; ist das in Rechnung gezogen? Ich habe ganz dieselben Versuche gemacht und bin daran gescheitert; es war mir unmöglich, die statische Ladung des Äquators des Magneten nachzuweisen. Dazu kommt noch, dass die Kapazität des Elektrometers viel zu gross ist gegenüber derjenigen einer isolierten Probekugel. Ich glaube, dass diese Versuchsanordnung zur Entscheidung

der Frage, ob durch unipolare Induktion eine elektrostatische Potentialdifferenz zwischen Pol und Äquator des rotierenden Magneten entsteht oder nicht, nicht herangezogen werden kann.

Hoppe: Für die übrigen Punkte der Drahtleitung ist es in beiden Fällen ganz dasselbe; kommen Kugel und Aufhängedraht wieder zurück, so ist die Gesamtinduktion gleich Null. Berühren Sie den Magneten nicht, so bekommen Sie Null; berühren Sie, so müssten Sie eine plötzliche Ladung bekommen.

Man könnte die Grösse der statischen Ladung leicht berechnen; um sie auf eine bestimmte Fläche zu beziehen, habe ich den Versuch so abgeändert, dass ich in dem Magneten ein isoliertes Drahtgestell anbrachte, das mit einer Kondensatorscheibe versehen ist. Die Grösse der Ladung ist durch die folgende Formel gegeben; die Fläche F bezeichnen den Kondensator, F' die Oberfläche der Kugel, des Drahtes und der Nadel. Beides lässt sich einfach berechnen. Also ist die Dichtigkeit der entsprechenden Ladung nach der Formel zu berechnen

$$\varrho' = \frac{\varrho F F'}{F + F'}$$

und müsste sich messen lassen, wenn sie vorhanden wäre. Ich wüsste nicht, weshalb man nicht das Experiment berechnen kann.

Hans Hartl (Reichenberg i. Böhmen), Über neue physikalische Vorlesungsapparate.[1])

Der Vortragende führte eine Reihe neuerer von ihm konstruierter Vorlesungsapparate vor, die sich über verschiedene Gebiete der Physik erstrecken. Eingeleitet wurde der Vortrag durch eine mit dem Apparat für Trägheitsmomente durchgeführte Versuchsreihe. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem Torsionspendel mit angehängtem Achsenkreuz, auf welchem die verschiedenen Versuchskörper: Ringe, Scheiben und Stäbe, in bequemster Weise angebracht werden können, so dass die Versuche ebenso rasch wie anschaulich verlaufen. Die Verzögerung im Gange des Pendels, welche bei einer Schwingung 6 Sekunden beträgt, giebt ein Mass für das Trägheitsmoment des auf das Achsenkreuz gelegten, die Verzögerung bewirkenden Körpers. Aus der Gleichheit der Verzögerung wird auf die Gleichheit der Trägheitsmomente geschlossen. Von zwei Ringen ausgehend, für welche das Trägheitsmoment aus der ohne weiteres einleuchtenden Formel $T = Mr^2$ berechnet wird, wurden in der angedeuteten Weise die Trägheitsmomentformeln für Kreisscheiben mit polarer und äquatorealer Achse, für einen Stab, eine rechteckige Scheibe, eine ringförmige Platte experimentell bestätigt. Auch die Zunahme des Trägheitsmomentes um Ma^2 bei der Parallelverschiebung der ursprünglich durch den Schwerpunkt gehenden Achse um die Entfernung a wurde nachgewiesen, sowie auch die Verschiedenheit des äquatorealen und polaren Trägheitsmomentes einer Kreisscheibe.

Aus dem Gebiete der Hydromechanik führte der Verfasser einen Bodendruckapparat vor, der bei wechselnder Druckhöhe den hydrostatischen Druck stetig und selbstthätig anzeigt. Auch das hydrostatische Paradoxon kann mit dem Apparate in bequemster und anschaulichster Weise demonstriert werden.

Das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz wurde mit einem dritten Apparate sowohl in seiner allgemeinen Form, als auch in den daraus abzuleitenden Spezialformeln demonstriert. Dabei gestattet der Apparat durch Anordnung besonderer, nach Zweihundertdreiundsiebzigstel des ursprünglichen Volumens, bezw. Druckes geteilten Skalen ohne jede Rechnung nachzuweisen, dass sowohl der Ausdehnungskoeffizient als auch der Spannungskoeffizient der Luft $= \frac{1}{273}$ ist. Die Handhabung des Apparates ist die denkbar einfachste. Von einem cylindrischen Gefäss, das nach Art des Fortinschen Barometers mit einem Lederboden versehen ist, gehen zwei Röhren aus. Die eine ist offen, die andere kalibrierte Röhre kann oben durch einen Stöpsel geschlossen werden, wodurch die dem Versuche zu unterwerfende Luftmenge abgeschlossen wird. Die Erwärmung erfolgt durch ein Wasserbad in einem die beiden Röhren umgebenden Glascylinder. Die Einstellung auf ursprünglichen Druck bezw. ursprüngliches Volumen geschieht durch Senken oder Heben der mit dem Lederboden in Verbindung stehenden Schraube. Die nach $\frac{1}{273}$ des Barometerstandes geteilte Skala lässt sich für jeden beliebigen Barometerstand mit einem Griffe einstellen. — Es ist selbstverständlich, dass sich der Apparat in gewissen Grenzen auch zum Nachweise der verkehrten Proportionalität von Druck und Volumen bei konstanter Temperatur (Boylesches Gesetz) eignet.

Der Vortragende brachte hierauf eine ganze Serie hintereinander geschalteter elektrischer Apparate zur Vorführung, welche insofern einen gemeinsamen Konstruktionsplan zeigten, als in jedem derselben die wesentlichen Anordnungen in eine lotrechte, dem Auditorium zugekehrte Ebene verlegt sind, was der Anschaulichkeit sehr förderlich ist. Eine Erklärung einzelner Apparate war daher kaum nötig. Sowohl an dem Stromwender als auch an dem Schieber-Pachytrop (Batteriewähler), mit welchem die Neben- und Hinter-

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 19. Sept. (Vom Vortragenden verfasster Auszug.)

einander-Schaltung, sowie die Gruppenschaltung von 6 Elementen gezeigt wurde, lassen sich die in Frage kommenden Verhältnisse mit einem Blicke übersehen. Das gleiche gilt von dem Schaltbrette, an welchem Versuche über die Stromstärken und die Widerstände in gezweigten Leitungen durchgeführt wurden.

An optischen Lehrmitteln zeigte der Vortragende ein Modell der Prismenfernrohre, das bei der immer mehr zunehmenden Verbreitung dieser Fernrohrarten für den Unterricht gute Dienste leisten dürfte. Zuerst wird das durch die Objektivlinse erzeugte verkehrte Bild einer Flamme auf einem Schirme aufgefangen. Bei Einschaltung der Porroschen Prismensysteme zeigt sich sodann sowohl das Aufrichten als auch das Näherrücken des Bildes. Dabei kann sowohl die Anordnung im gewöhnlichen Prismenfernrohre, sowie die im Relieffernrohre mit dem Modelle demonstriert werden.

Den Schluss des Vortrages bildete die Vorführung eines Schulapparates zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Um einen zwischen Körnerspitzen horizontal gelagerten Hohlcylinder aus Messing, der mit Wasser gefüllt wird, ist nach Art des Pronyschen Zaumes ein Bremsklotz gelegt, der mit Blei beschwert und mit einem Zeiger versehen ist, der an einer Bogenskala vom Halbmesser $r = 159$ mm jene Kraft P angibt, welche tangentiell an diesem Halbmesser wirken müsste, um die ganze Vorrichtung bis zu dem betreffenden Skalenteilpunkte zu drehen. Wird nun der mit Wasser gefüllte Hohlcylinder mit Hilfe eines Antriebes in Drehung versetzt, so wird der Bremsklotz durch Reibung mitgenommen, bis er in einer gewissen schrägen Lage im Gleichgewichte bleibt. Die von dem Zeiger an der Skala angezeigte Kraft P besitzt dann dasselbe Drehmoment Pr, wie die Reibung. Ist letztere $= R$, ihr Arm $= \varrho$, so ist das Reibungsmoment $= R\varrho$ und die bei n Touren geleistete Reibungsarbeit $A = n \cdot R \cdot 2\pi\varrho$ oder, weil $R\varrho = Pr$ ist, $A = n \cdot P \cdot 2\pi r$. Da aber $r = 159$ mm ist, so ist $2\pi r = 1$ m, somit $A = n \cdot P$. Um die Arbeit zu bekommen, hat man also bloss die Anzeige des Zeigers mit der Tourenzahl (500), die durch einen einfachen Tourenzähler bestimmt wird, zu multiplizieren. Die Wärmemenge wird aus dem Gewichte des Wassers, dem Wasserwerte der festen Bestandteile und der beobachteten Erwärmung berechnet und sodann das mechanische Äquivalent einer Kalorie ermittelt. Der Apparat ist überaus einfach konstruiert und sehr leicht zu handhaben, was auch von den übrigen vorgeführten Apparaten gilt und für Unterrichtsapparate von besonderer Bedeutung ist. — Eine Ergänzung des Vortrages bildete die Ausstellung der Firma W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien, welche auch die übrigen Hartlschen Apparate in leider zu gedrängter Anordnung ausgestellt hatte.

C. Pulfrich (Jena), 1. Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe, 2. über einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheodoliten, 3. über die stereophotogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus und 4. über eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahmen.[1])

Der Kimmtiefenmesser (ausführlich beschrieben in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1904, S. 228) ist für die Nautik insofern von Bedeutung, als er die Möglichkeit gewährt, die Abweichung des Meereshorizontes von dem mathematischen Horizont nach Grösse und Vorzeichen schnell und sicher zu bestimmen, was bisher nicht oder nur sehr unvollkommen möglich war. Diese Abweichung lässt sich nach neueren Untersuchungen von Koss nicht mit der gewünschten Genauigkeit aus der Höhe des Standpunktes des Beobachters über der Meeresoberfläche berechnen, es kommen nach den angegebenen Untersuchungen Abweichungen bis zu 15′ von dem normalen Wert vor. Der vorliegende Apparat, der in zwei verschiedenen Modellen vorgeführt wurde — der eine mit Mikrometer, der andere mit direkter Ablesung im Okular —, beruht auf der Anwendung eines aus zwei kreuzweise zu einander gestellten Spiegeln bestehenden Winkelspiegels, welcher die beiden seitwärts vom Beobachter gelegenen Meereshorizonte in konstantem, von der Stellung des Instruments auf hoher See unabhängigem Abstande gleich der doppelten Kimmtiefe erscheinen lässt. Das Vorzeichen ergiebt sich ohne weiteres aus der Beobachtung, ob Wasser oder Luft sich zwischen den Kimmen befindet. Der Apparat ermöglicht somit, die mit dem Sextanten gemessene Höhe der Sonne oder eines Sternes um eine bisher in hohem Masse unsichere Korrektionsgrösse zu berichtigen und ist daher für die genaue Ortsbestimmung auf dem Meere von Wert.

Der vom Vortragenden ebenfalls vorgeführte neue Theodolit ist im Interesse des bequemeren Transports und der Erhaltung der Justierung in zwei Teile zerlegbar, die dann an Ort und Stelle leicht wieder zusammengesetzt werden können. Die Zerlegbarkeit erstreckt sich auch auf das Fernrohr, das horizontal gelagert ist, und dem ein sog. Prandtlsches Reflexionsprisma mit konstantem Ablenkungswinkel (genau 90°) wegschlagbar vorgelagert ist. Das Fernrohr ist zusammen mit dem Prisma um die eigene Achse drehbar. Seine Horizontalstellung erfolgt ohne Libelle nach Einstellung auf ein frei herabhängendes Lot. Dadurch, dass sich

1) Vorgetragen in Abteilung 1 am 20. Sept.

das in seinem Ablenkungswinkel absolut unveränderliche Reflexionsprisma nach Belieben von dem Fernrohrobjektiv entfernen lässt, ist die Möglichkeit gegeben, selbst die axiale Lage des Fadenkreuzes zur optischen Achse und zur Drehungsachse zu prüfen und zu berichtigen. Der Theodolit ist ebenfalls für Polhöhenmessungen in hohem Masse geeignet; ausserdem dient er in Verbindung mit dem neuen Phototheodoliten zur Messung der Standlinie bei stereo-photogrammetrischen Landschaftsaufnahmen und zur Erfüllung der hierfür gestellten Anforderungen an die Aufstellung der photographischen Kameras. Auch dieser Apparat wurde an einem ausgestellten Exemplar erläutert und die Art seiner Aufstellung und Justierung dargelegt.

Der Vortragende gab dann einen Überblick über die Grundlagen und Vorteile der von ihm zuerst vor etwa drei Jahren vorgeschlagenen stereophotogrammetrischen Methode und über die Fortschritte, welche in neuester Zeit in Bezug auf die praktische Verwertung der Methode für die Landesvermessung zu verzeichnen sind.[1]) Dem ersten im vorigen Jahre in Jena in Gemeinschaft mit dem Vortragenden gemachten Versuche des inzwischen leider verstorbenen Herrn Generalmajors Schulze, Chef der Topographischen Abteilung der Landesaufnahme, durch welchen in erster Linie die Richtigkeit der Überlegungen und die praktische Verwendbarkeit der Methode dargetan wurden, folgte auf dem Fusse die eigentliche Einführung derselben in die Praxis durch Herrn Oberst von Hübl vom Militärgeographischen Institut in Wien.[2]) Der Vortragende legte einige der in Wien mit dem Stereo-Komparator ausgemessenen stereo-photogrammetrischen Aufnahmen und die nach diesen Bildern angefertigten Pläne (1:25000) vor, die den gewaltigen Fortschritt, welche die Nutzanwendung der Methode durch Herrn von Hübl erfahren hat, sofort erkennen liessen. Zeigen dieselben doch, dass man mit einer Standlinie von 200 bis 300 m selbst bis auf Entfernungen von 12 km noch richtige Höhenkurven konstruieren und die Formation des Landes erkennen und im Plane festlegen kann.

Nach dem Vorgang des Herrn von Hübl hat neuerdings auch das 3. Genie-Regiment in Rom (Herr Major Mario Moris) mit der Einführung der stereophotogrammetrischen Methode in die Praxis begonnen.

1) Man vergleiche die ausführlichen Darlegungen des Vortragenden in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1901 bis 1904.

2) Im einzelnen sei verwiesen auf die beiden Hüblschen Aufsätze:

„Die Stereophotogrammetrie", Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes, Wien, Bd. XXII, S. 1, 1903;

„Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme", ibid., Bd. XXIII, S. 1, 1904.

An den Fortschritten der stereophotogrammetrischen Methode ist ferner in hohem Masse beteiligt sowohl durch eigene Arbeiten, als auch durch das unermüdliche und begeisterte Eintreten für dieselbe der Directeur Honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers in Paris, Herr Oberst Laussedat[1]), seit einer Reihe von Jahrzehnten der Dolmetsch aller auf die praktische Verwertung der Photogrammetrie in der Topographie, Architektur und Kunst gerichteten Bestrebungen, der gerade in den letzten drei Jahren trotz seines hohen Alters keine Gelegenheit vorübergehen lässt, um seine Landsleute in zahlreichen Vorträgen und Aufsätzen immer wieder auf die neueren und neuesten Errungenschaften der Stereo-Photogrammetrie aufmerksam zu machen.

Eine weitere Nutzanwendung der stereophotogrammetrischen Methode, insonderheit zur Küstenvermessung vom Schiffe aus, auf die schon in verschiedenen Zeitschriften des In- und Auslandes in den letzten Jahren wiederholt hingewiesen worden ist, ist zu verzeichnen in einem Versuch, den die nautische Abteilung des Reichs-Marineamts in Berlin in diesem Herbst in der Nord- und Ostsee zur Ausführung gebracht und an dem der Vortragende sowohl zum Zwecke der erstmaligen Erprobung der von ihm konstruierten stereo-photogrammetrischen Apparate an Bord eines Schiffes als auch zur Prüfung der von ihm vorgeschlagenen Methode der Ausmessung solcher Aufnahmen teilgenommen hat. An eine Verwendung von Libellen ist an Bord eines Schiffes natürlich nicht zu denken. Die Justierung der beiden an den Enden des Schiffes an der Steuerbordseite aufgestellten Phototheodolite erfolgt durch gegenseitiges Anvisieren der gegenüberliegenden Stationspunkte mit Hilfe von Haltefernrohren, die in fester Verbindung mit den Phototheodoliten sich befinden und unter trigonometrischem Anschluss an eine durch die beiden Stationen und eine seitlich angebrachte Marke gelegte Ebene, so dass die Erfüllung der für stereo-photogrammetrische Aufnahmen gestellten Bedingung, dass die Platten in einer Ebene gelegen sind, jederzeit unabhängig vom Bewegungszustand des Schiffes möglich ist. Zur Orientierung des nach den beiden Aufnahmen — die Aufnahme erfolgt elektrisch für beide gleichzeitig — ausgemessenen Raumbildes dienen die Wasseroberfläche selbst und die durch sie gelegten horizontalen Schnittlinien, welche dann das Mittel darbieten für die im übrigen sehr einfache konstruktive Herstellung des Planes in der Horizontalprojektion der Küstenlandschaft.

1) Man vergleiche insonderheit sein größeres Werk „Recherches sur les instruments, les methodes et le dessin topographiques", dessen zweiter (Schluss-) Band soeben, Paris 1903, erschienen ist.

Die erste Küstenaufnahme dieser Art erfolgte am 13. August d. J. von Bord S. M. S. „Hyäne" aus während der Fahrt gegenüber Altenbruch bei Cuxhaven. Die Standlinie betrug 41,5 m. Innerhalb der durch die Standlinie und die Brennweite der photographischen Apparate gegebenen Genauigkeitsgrenzen wurde der nach den beiden Aufnahmen angefertigte Plan in Übereinstimmung mit anderen vorhandenen Plänen gefunden. Die Aufnahmen sind auch noch in mancherlei anderer Hinsicht von Bedeutung, insonderheit für Wolkenhöhenmessungen und für die Untersuchung des Formzustandes der bewegten Wasseroberfläche.[1]) Über diese zuletzt erwähnte Untersuchung der Meereswellen wird Herr Dr. Kohlschütter vom Reichsmarineamt noch eingehend berichten. Ein besonderes Interesse bieten diese Aufnahmen auch dadurch, dass im Stereo-Komparator die Krümmung der Wasseroberfläche infolge der Kugelgestalt der Erde unmittelbar in die Erscheinung tritt.

Bei allen vorgenannten stereophotogrammetrischen Aufnahmen war die vom Vortragenden ursprünglich aufgestellte Bedingung, dass die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene gelegen sind, erfüllt. Neuerdings hat Herr von Hübl damit begonnen, auch solche Aufnahmen zu verwerten, bei welchen die optischen Achsen unter sich parallel, aber zur Standlinie nach rechts oder links geneigt sind. Die Bearbeitung solcher Aufnahmen mit dem Stereo-Komparator ist nicht so einfach wie früher, insofern nämlich die Ebenen gleicher scheinbarer Entfernung jetzt die Form parabolischer Zylinder annehmen. Aber diese Schwierigkeiten, welche nur eine etwas umständlichere Konstruktion notwendig machen, sind gering anzuschlagen gegenüber dem grossen Vorteil, dass man im Gebirge von zwei gegebenen Standpunkten aus auch die mehr seitwärts gelegenen Partien stereophotogrammetrisch bearbeiten kann. In ähnlicher Weise hat der Vortragende bereits vor zwei Jahren die von ihm untersuchten Pariser Mondphotographien bearbeitet. Die optischen Achsen waren hierbei unter rund 14° zu einander geneigt und die auf der Mondoberfläche erhaltenen Kurven gleicher scheinbarer Entfernung[2]) stellen sich dar als die Durchdringungskurven der Mondoberfläche mit der Oberfläche eines durch die beiden Standpunkte der Aufnahme und den Mond selbst gelegten Zylinders von kreisförmigem bezw. elliptischem Querschnitt. Der Vortragende zeigt an den von ihm vorgelegten Schnittkurven dieser Art, wie die Unregelmässigkeiten der Mondoberfläche hierbei ohne weiteres in die Erscheinung treten. In der Tat lässt sich nach diesem Verfahren nicht allein die Höhe der einzelnen Mondberge ohne Rücksicht auf ihre Schattenlänge bestimmen; es bietet sich auch die Möglichkeit, auf diese Weise ein wirkliches Modell der Mondoberfläche zu konstruieren.

Zum Schluss berichtete Dr. Pulfrich über ein neuerdings von ihm gefundenes Verfahren zum Vergleichen zweier Sternaufnahmen (ausführlich beschrieben in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1904, S. 161). Seit etwa drei Jahren nimmt die vom Vortragenden eingeführte Methode des stereoskopischen Vergleiches zweier Sternaufnahmen zum Zwecke der Erkennung von Bildverschiedenheiten, insonderheit zum Zwecke der Auffindung von Planeten, veränderlichen Sternen, Plattenfehlern und Parallaxen die erste Stelle ein, und ihr grosser Wert für diese Zwecke ist durch eine Reihe von astronomischen Arbeiten experimentell bestätigt worden. Der Vortragende zeigt, dass diese Vorteile durchaus nicht an das stereoskopische Sehen gebunden sind. In der That existiert, wie der Vortragende neuerdings gefunden hat, noch eine andere Methode, die für die in Frage stehenden Aufgaben sogar noch leistungsfähiger ist als die stereoskopische Methode. Das Verfahren gründet sich auf die optische Vereinigung der beiden auf dem Stereo-Komparator liegenden Sternplatten in dem gemeinsamen Okular zweier Mikroskope. Die Bilder können daher nicht allein in beliebiger Über- und Nebeneinanderlagerung gleichzeitig betrachtet werden, sie lassen sich auch, und das ist das Wesentliche der neuen Methode, in rascher Aufeinanderfolge einzeln betrachten. Hierbei kommen dann die Ungleichheiten der beiden Platten durch Hin- und Herspringen der Sterne und ihrer Ränder bezw. ihr plötzliches Auftreten im Gesichtsfeld in viel aufdringlicherer Weise zur Geltung wie im stereoskopischen Sehen, etwa nach Art des Blinkens der Leuchtfeuer am Meere, bezw. des Aufleuchtens der Reklameschilder in Städten usw. Im übrigen bleibt die Einrichtung des Stereokomparators unverändert, das Stereomikroskop und das monokulare Vergleichsmikroskop sind austauschbar, so dass jetzt auch diejenigen Personen, die nicht stereoskopisch sehen können, imstande sind, den Stereokomparator unter Zuhilfenahme der vorliegenden sogenannten Blinkmethode mit Vorteil für die genannten Zwecke zu verwenden.

Die Anwendbarkeit der vorliegenden Methode bleibt natürlich nicht auf den Vergleich zweier Sternplatten beschränkt. Sie eignet sich in hohem Masse auch für den Vergleich von Massstäben und Sternspektren zur Er-

1) Man vergleiche die Arbeit des Herrn Geheimen Admiralitätsrat Rottock über Meereswellenbeobachtungen, Ann. der Hydrographie etc., 1903, S. 329.

2) Vergleiche die diesbezügliche Veröffentlichung des Herrn Oberst Laussedat im Bulletin de la Société Astronomique de France, 1903, S. 395, sowie den von Pulfrich auf der Astronomischen Versammlung in Göttingen am 5. August 1902 gehaltenen Vortrag, V. J. d. Bd. 37, S. 211.

kennung und Messung etwaiger Verschiedenheiten, sowie ganz allgemein zur genauesten Prüfung der Identität von Münzen, Papierscheinen und Dokumenten, für welche bisher die stereoskopische Methode in erster Linie in Vorschlag gebracht worden ist. Über eine in der Ausführung begriffene Spezialkonstruktion nach diesem Verfahren für die Untersuchung von Spektren und Massstäben wird später berichtet werden.

Weshalb das vorliegende Verfahren für alle diese Aufgaben den Vorzug vor der stereoskopischen Methode verdient, ergiebt sich aus dem Umstande, dass im stereoskopischen Sehen nur diejenigen Bildpunktverrückungen als Tiefenunterschiede in die Erscheinung treten, die in der Richtung der Verbindungslinie der beiden Augen gelegen sind, während das vorliegende Verfahren auf jede beliebig gerichtete Differenz in gleicher Weise reagiert.

Die sämtlichen, von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellten Instrumente wurden während der Dauer der Versammlung in der mit derselben verbundenen Ausstellung wiederholt den einzelnen Interessenten vorgeführt und erläutert.

R. Müller-Uri (Braunschweig), Vorführung von Vakuumapparaten.[1]

Die Vakuumröhren, welche ich Ihnen vorführe, werden obgleich zum grössten Teile nicht neu, dennoch in zweifacher Hinsicht von Interesse sein.

Dieselben zerfallen in zwei Gruppen, von denen die eine durch in Serien montierte Vakuumröhren gebildet wird. Diese Einrichtung bezweckt Verminderung des Aufwandes an Zeit und Arbeit bei der Vorführung. Die andere Gruppe besteht aus Vergrösserungen der Modelle der Hochvakuumröhren. (Diese geben besonders für grosse Auditorien die Möglichkeit, auch den ferner sitzenden Hörern die interessanten Lichterscheinungen zur Anschauung zu bringen.)

Zur ersten Gruppe bildet die Original-Vakuumskala nach Cross die Einleitung. Sie giebt in ihren 6 zylindrischen Röhren ein klares Bild der fortschreitenden Luftverdünnung und der für die Hauptstadien charakteristischen Lichterscheinungen, — wie man solche in einem mit der arbeitenden Quecksilber-Luftpumpe verbundenen Rohre wahrnimmt. Um die interessanten Lichterscheinungen an den Polen besser studieren zu können, sowie den Einfluss der Elektroden-Gestaltung zu zeigen, ist das eine Ende der Röhre stets mit einer Stiftelektrode, das andere mit einer Scheibenelektrode versehen worden.

[1] Vorgetragen in Abteilung 2 am 20. September.

Die in den Röhren der Vakuumskala verbliebenen Druckwerte sind, in Millimeter-Quecksilber-Säule ausgedrückt, folgende:

für No. 1 circa 40 mm Druck (leuchtender Faden, de la Rive)

für No. 2 circa 10 mm Druck (Auflösung des leuchtenden Fadens, de la Rue)

für No. 3 circa 6 mm Druck (das homogene Licht der typischen Geisslerschen Röhre)

für No. 4 circa 3 mm Druck (geschichtetes Licht, Gassiotsche Kaskaden)

für No. 5 circa 0,14 mm Druck (sogenanntes Teslalicht, leuchtende Wolken)

für No. 6 circa 0,04 mm Druck, (Crookessche Glasfluoreszenz bezw. Röntgen-Vakuum).

Als nächste Nummer der ersten Gruppe folgt die Geisslerröhrenserie Kompendium, deren Röhren annähernd gleiche Luftverdünnung besitzen und der No. 3 der Vakuumskala ungefähr entsprechen.

In dieser Serie sind die 6 Hauptarten der Geisslerröhren-Klasse durch besonders schöne Exemplare vertreten:

No. 1. Das cylindrische Rohr mit dem typisch homogenen Geisslerlichte.

No. 2. Das Verzierungsrohr mit Uranglasspiralen zeigt in den Kapillarendstücken die Erhöhung der Lichtstärke durch Verminderung des Querschnittes (die bei den Spektralröhren verwendete Eigenschaft). Diese Röhre ist der Haltbarkeit wegen in einen Schutzmantel eingeblasen.

No. 3. Ist mit einer nachleuchtenden Gasart gefüllt, die nach Ausschaltung des Stromes noch kurze Zeit eine Art Phosphoreszenz zeigt.

No. 4. Eine Compoundröhre, in deren beiden Abteilungen zwei verschiedene Gase eingelassen sind.

No. 5. Die Röhre mit phosphoreszierender Substanz, welche nach Unterbrechung des Stromdurchganges weiter leuchtet (z. B. doppelt geglühtes Calciumsulfat.)

No. 6. Die Röhre mit fluoreszierenden Lösungen (Fluoreszeïn grün, schwefelsaures Chinin blau, Eosin rot, u. s. w.).

Das nun folgende Serienbrett ist besonders für kugelförmige Apparate passend, die auf dem Serienbrette angeordnet und untereinander verbunden, gleichzeitig erleuchtet werden und daher geeignet für Vorführung von Apparaten gleicher Gattung, z. B. mehrerer der Mineralröhren nach Crookes, welche schöne Lichteffekte geben. Diese Serienbretter können mit Schiebekontakten zur succesiven Einschaltung versehen werden. Von dieser Gattung der Vakuumröhren kommen wir zur 2. Gruppe, den extragrossen Hoch-Vakuumröhren.

Wie eingangs erwähnt, sind diese infolge entsprechender Dimensionierung auch für we-

niger scharfe Augen in den grössten Auditorien noch auf den weit abliegenden Plätzen sichtbar. (Als erste der extragrossen Röhren wurde vor einigen Jahren schon für Herrn Prof. Dr. Lenard die Röhre mit umlegbarem grossen Schattenkreuz nach Crookes hergestellt.) Die übrigen kugelförmigen Röhren der Serie folgten dem bald und neuerdings sind auch die cylindrischen Röhren mit Leuchtschirm zur Demonstration des ablenkbaren Lichtstreifens sowie die Pulujschen Lampen in ausserordentlich grossen Exemplaren erzielt worden.

Diese extragrossen kugelförmigen Apparate legten ebenfalls den Wunsch nahe, auch die Röhrenserien in entsprechend grossen Abmessungen zu besitzen. Ich bin in der Lage, eine Vakuumskala vorzuführen, deren Röhren auf mehr als das Doppelte der Länge und Weite gebracht worden sind. Das hier vorhandene Exemplar besitzt Röhren von 125 cm Höhe bei 60 mm Durchmesser. Das erste Exemplar wurde für Herrn Prof. Dr. Münch geliefert.

Die Einschaltungen werden durch Kontaktschlitten hergestellt.

Ausser den oben beschriebenen und anderen neuen Vakuum-Apparaten sind im letzten Jahre aus meinem Institute viele neue oder wesentlich veränderte Konstruktionen hervorgegangen, von denen ich folgende besonders erwähne:

1. Verbesserte Kadmium-Spektralröhre nach Professor A. A. Michelson, die für den Gebrauch bis 300° C. zu erhitzen und mit Wechselstrom-Entladungen zu verwenden ist.

2. Neue Spektralröhre für Längs- und Querdurchsicht nach Grammont D. R. G. M. 215124 für Längsdurchsicht verwendet, bietet die Röhre das hellste und schärfste erzielbare Spektrum, weil die lange Kapillarstrecke die Gaskammern axial durchdringt und die scharfen Ränder, nahe der Wandung freistehen.

3. Spektralröhre mit reinem Silicium-Tetrafluorid ($SiFl_4$) zuerst für das Astrophysikalische Observatorium Potsdam geliefert.

C. Dieterici (Hannover), Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen.[1])

In einer experimentellen Untersuchung über die Flüssigkeits- oder die spezifische Wärme des Wassers, welche ich mit dankenswerter Unterstützung der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ausgeführt habe, gelang es mir, diese Grösse bis 300° C. hin zu verfolgen.

Das angewendete Verfahren bestand darin, dass eine abgewogene Quantität Wasser in ein evakuiertes Quarzrohr eingeschmolzen, auf eine sorgfältig gemessene hohe Temperatur erhitzt, und dann in ein Bunsensches Eiskalorimeter einfallen gelassen wurde. Die von dem Gefäss getragene Wärme wurde durch einen zweiten analogen Versuch bestimmt und durch die Differenz die Flüssigkeitswärme der eingefüllten Substanz ermittelt.

Von den erhaltenen Resultaten seien hier nur diejenigen hervorgehoben, und weiter benutzt, welche sich auf hohe Temperaturen, d. h. über 100° C. beziehen.

Legt man die mittlere oder Bunsensche Kalorie zu Grunde, also den hundertsten Teil derjenigen Wärme, welche nötig ist, um 1 g Wasser von 0° C. auf 100° zu bringen, so lässt sich nach meinen Beobachtungen zwischen 100 und 300° die mittlere spezifische Wärme des Wassers zwischen t und 0° darstellen durch

$$c_m = 1{,}0160 - 0{,}0_3\,30286 \cdot t + 0{,}0_5\,1434 \cdot t^2,$$

also die spezifische Wärme bei t durch

$$c_t = 1{,}0160 - 0{,}0_3\,6057 \cdot t + 0{,}0_5\,4302 \cdot t^2.$$

Hiernach nimmt die spezifische Wärme des Wassers mit steigender Temperatur beträchtlich zu, um so stärker, je höher die Temperatur steigt.

Dieses Verhalten, welches ich in gleicher Weise früher schon bei CO_2 und Isopentan beobachtet habe, ist nicht überraschend, wenn man die bekannte Gleichung der mechanischen Wärmetheorie für die spezifische Wärme c_s unter dem Sättigungsdruck

$$c_s = c_v + T \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \cdot \frac{dv_s}{dT}$$

heranzieht, welche sagt, dass die gesamte beobachtete Wärme c_s in zwei Teile zerfällt, von denen der erste dazu dient, die Warmheit der Substanz (Helmholtz) zu erhöhen, der zweite Teil auf innere Arbeit verwendet wird. Der zweite Teil wächst aber mit steigender Temperatur, weil sowohl T wie die Flüssigkeitsausdehnung $\frac{dv_s}{dT}$ zunimmt; letztere um so mehr, je näher die Temperatur der kritischen kommt.

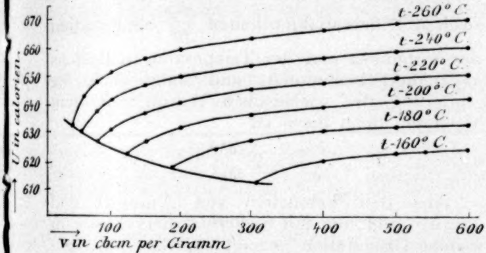
Bei meinen Versuchen ist, streng genommen, nicht die spezifische Wärme c_s unter Sättigungsdruck beobachtet, sondern die Energieänderung. Denn da die Substanz in einem vollständig geschlossenen Gefäss erhitzt wurde, ist äussere Arbeit überhaupt nicht geleistet, also alle beobachtete Wärme auf Energieänderung verwendet. Nur weil die spezifische Wärme c_s sich von der Energieänderung um die verschwindend kleine mit der Flüssigkeitsausdehnung verbundene äussere Arbeit $p_s \cdot \frac{dv_s}{dt}$ unterscheidet, sind beide Grössen als gleich behandelt.

Wir sind gewohnt, uns den Zustand einer

[1]) Vorgetragen in Abteilung 2 am 20. September.

Substanz durch die bekannten Druckisothermen und die die Sättigungspunkte verbindende Sättigungs- oder Grenzkurve im pv Blatt darzustellen. Diese Darstellung ist immer von Vorteil, wenn es sich um Arbeitsvorgänge handelt; zur Übersicht der kalorischen Verhältnisse ist es von erheblich höherem Nutzen, das Energiediagramm oder die Energie-Isothermen in einem Uv Blatt zu konstruieren.

Hierzu liegen die nötigen Daten für Wasser vor; denn durch die Flüssigkeitswärme ist der Energieüberschuss der Flüssigkeit bei t^0C. und unter dem Dampfdruck über dem als Nullniveau hier angenommenen flüssigen Zustand bei 0^0 gegeben. Ferner können wir die Energieände-



rung beim Übergang aus dem flüssigen Zustand in den des gesättigten Dampfes bei t^0 durch die innere Verdampfungswärme bei t entweder berechnen, wenn die nötigen Daten über Druck und Volumen des gesättigten Dampfes vorliegen, oder direkt aus kalorimetrischen Beobachtungen entnehmen. Endlich sind drittens von Ramsay und Young die Drucke, welche der ungesättigte Wasserdampf zwischen 140^0 C. und 270^0 C. bei verschiedenem Volumen ausübt, beobachtet und da die Energieänderung mit dem Volumen bei konstanter Temperatur immer durch

$$\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_T = T \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - p$$

gegeben ist, so kann man aus den beobachteten Drucken die Energieänderung berechnen.

Das Ergebnis der Berechnung ist in dem obigen Uv Diagramm wiedergegeben, in welchem der Energieüberschuss[1]) über dem willkürlich angenommenen Nullniveau der Energie des flüssigen Zustandes bei 0^0 C. als Ordinate zum Volumen als Abszisse bei konstanter angegebener Temperatur in Kalorien gemessen eingetragen ist. Die Kurven geben die Energie-Isothermen des Wasserdampfes, die gerade geneigte Linie, welche den Übergang aus dem flüssigen in den Zustand gesättigten Dampfes entspricht, hat bei dem Massstab der Zeichnung nicht zum Ausdruck gebracht werden können.

Die U-Isothermen zeigen alle das gemeinsame charakteristische Merkmal, dass sie von den Sättigungspunkten steil ansteigen, ihre Neigung vermindert sich und allmählich gehen sie in gerade der Abzsissenachse parallele Linien über.

Der Endzustand, bei dem $U =$ konst., d. h. unabhängig vom Volumen ist, ist, soweit die Beobachtungen reichen, zwar annähernd, aber noch nicht vollkommen erreicht. Er tritt erst ein, wenn der ideale Gaszustand eintritt. Die Kurve, welche die Sättigungspunkte verbindet, ist die Energiekurve der Grenzzustände.

Auf die Folgerungen, welche aus dem Energie-Diagramm über die für die Technik besonders wichtigen Grössen der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes unter verschiedenen Bedingungen abgeleitet werden können, sei hier nicht eingegangen, sondern nur eine wichtige Folgerung prinzipieller Art gezogen.

Die spezifische Wärme c_v des Dampfes erhält man unmittelbar aus dem Energiediagramm, indem man die Energiedifferenz bei konstantem Volumen abliest und sie durch die Temperaturdifferenz dividiert.

Aus dem Energiediagramm ist nun sofort ersichtlich, dass, da die Energie-Isothermen bei grossem Volumen nahezu parallel und in nahezu gleichen Abständen voneinander verlaufen, c_v nahezu unabhängig von Volumen und Temperatur ist, also die Forderung der kinetischen Gastheorie nahezu erfüllt ist.

Bildet man aber c_v oder die Energiedifferenz zwischen zwei aufeinander folgende U-Isothermen für kleinere Volumina, welche also dem Sättigungspunkte näher liegen, so ist sofort ersichtlich, dass c_v wachsen muss, weil die untere Isotherme sich ihrem Sättigungspunkte zu stärker gesenkt hat, als die obere, welche ihrem Sättigungspunkte noch ferner ist.

Folglich ist c_v bei konstant erhaltener Temperaturdifferenz vom Volumen abhängig in der Art, dass, wenn $v = v_s$ dem Sättigungsvolumen ist, c_v einen maximalen Wert hat und von diesem mit wachsendem Volumen abnimmt.

Bildet man weiter bei $v = v_s$ die Energiedifferenzen zwischen je zwei aufeinander folgenden Temperaturen, so ist aus dem Diagramm sofort ersichtlich, dass c_v bei festgehaltenem Volumen, aber steigender Temperatur abnimmt.

Demnach ist c_v Volumen und Temperatur-

1) Um Missverständnis auszuschliessen, sei bemerkt, dass unter Energieüberschuss im Sinne der mechanischen Wärmetheorie die auf Energieänderung verwendete, dem System zugeführte Wärmemenge verstanden ist, nicht die Änderung des Energie-Inhaltes der Substanz im Sinne der kinetischen Gastheorie.

funktion der Art, dass von dem maximalen Wert, der im Sättigungszustand eintritt, c_v bei konstant erhaltener Temperatur mit wachsendem Volumen und bei konstant erhaltenem Volumen mit steigender Temperatur abnimmt.

Dies Ergebnis ist für die Bildung der Zustandsgleichung von erheblicher Bedeutung; denn es lässt sich nachweisen, dass, wenn man in der allgemeinen Zustandsgleichung

$$p + \pi = \frac{RT}{v-b}$$

nach welcher sich der thatsächliche Druck p und der Kohäsionsdruck π zu dem Gesamtdruck ergänzen, welcher sich für ein ideales Gas unter Berücksichtigung der van der Waalsschen Volumenkorrektion berechnen lässt, π mit v. d. Waals als unabhängig von T annimmt, sich als notwendige Konsequenz ergiebt: c_v unabhängig von T im Widerspruch mit dem obigen Ergebnis.

Umgekehrt kann man aber nicht den Kohäsionsdruck π als Funktion von T auffassen und zugleich die obige allgemeine Form der Zustandsgleichung festhalten, ohne mit den Folgerungen der mechanischen Wärmetheorie in Widerspruch zu geraten, welche zur Zustandsgleichung

$$p + \pi = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v$$

führen. Diese Zustandsgleichung ist gültig, auch wenn π Funktion von T ist, sie giebt die erste Form wieder, wenn man diese Forderung fallen lässt. Die letztere Form sagt durch

$$\pi = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v - p = \left(\frac{dU}{dv}\right)_T$$

auch zugleich aus, dass die richtige Hypothese für den Kohäsionsdruck auch zugleich die Gleichung der Energie-Isotherme enthält, also das Fundamentalproblem der mechanischen Wärmetheorie nach der Energiefunktion einer Substanz beantwortet.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Reinganum-Münster: Ich habe in meiner Dissertation versucht, vom Energieinhalt auszugehen, und habe dazu die Virialgleichung benutzt. Ich glaube immer noch, es ist richtig, dieselbe zu Grund zu legen. Das Virial der inneren Kräfte ist $\Sigma r \cdot f(r)$, wobei r die Entfernung und $f(r)$ die Kraft zwischen den einzelnen Massenpunkten ist. Die innere Energie ist diesem Ausdruck proportional. Ich glaube, es ist immer noch sicherer, von dieser Beziehung zwischen Virial und innerer Energie zur Aufstellung der Zustandsgleichung auszugehen, als von der Gleichung $(c_p - c_v) = (\pi + p)\frac{dv}{dt}$. Denn die Deutung des inneren Druckes und seine Behandlung analog dem äusseren Druck, die in dieser Gleichung liegt, ist nur eine Analogie und nicht streng mechanisch begründet. Streng mechanisch kann man nur von der Virialgleichung ausgehen.

Eine zweite Bemerkung möchte ich noch machen, die sich auf die Änderung der spezifischen Wärme mit dem Volumen bezieht. Hier habe ich in meiner Dissertation den allgemeinen Verlauf schon aus den Versuchen von Amagat und Young festgestellt. Aus ihnen kann man nämlich den Gang auch des zweiten Differentialquotienten $\frac{d^2p}{dt^2}$ als Funktion des Volumens und der Temperatur wenigstens angenähert bestimmen, und somit auch die Änderung der spezifischen Wärme mit dem Volumen, denn diese ist

$$\frac{\partial c_v}{\partial v} = T\,\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}.$$

Aus den Versuchen von Amagat und Young geht nun mit Sicherheit hervor, wie in meiner Dissertation gezeigt ist, dass die spezifische Wärme c_v ein Maximum hat, das ungefähr bei dem kritischen Volumen liegt. Auch die von mir aufgestellte Zustandsgleichung hat vor anderen den Vorteil, dass sie mindestens qualitativ diesen Gang der spezifischen Wärme richtig wiedergiebt. Bei grösseren Voluminen als das kritische ist $\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$ negativ, unterhalb des kritischen Volumens ist es positiv.

Herr Prof. Dieterici hat dieses Maximum experimentell gefunden; ich möchte daher hervorheben, dass ich das Vorhandensein desselben vorher schon rechnerisch festgestellt habe.

Dieterici: ad 1. Als Ausgangspunkt zur Bildung der Zustandsgleichung das Virialprinzip zu nehmen, ist mathematisch sehr wohl und sicher begründet, nur ist es schwierig, die richtige Annahme über die Kräftefunktion zu finden. Die Fundamentalgleichung, dass die Differenz der spezifischen Wärmen $c_p - c_v$ aus der Arbeit gegen den äusseren und den Kohäsionsdruck besteht, scheint mir physikalisch ein ebenso sicherer Ausgangspunkt zu sein. Das Mangelhafte der Formel von van der Waals ist, dass in ihr der Kohäsionsdruck angesehen wird als bedingt allein durch die Verminderung der Energie der fortschreitenden Bewegung in der Volumeneinheit, während die mechanische Wärmetheorie zeigt, dass die Gesamtenergie berücksichtigt werden muss.

ad 2. Was die zweiten Differentialquotienten betrifft, nun, es ist schon schwierig, aus den direkten Druckbeobachtungen den ersten Differentialquotienten zu bilden. Bei dem zweiten ist es noch schwieriger und unsicherer. Nun haben Sie Recht, dass Sie in Ihrer Dissertation berechnet haben, was ich später an CO_2 und Isopentan beobachtete, das c_v beim kritischen Volumen ein Maximum hat. Aber das bezog sich nur auf die spezifischen Wärmen in den Sättigungspunkten. Einer Ausdehnung der Berechnung auf das weite Gebiet des ungesättigten oder überhitzten Dampfes aus der die Änderung des c_v mit v und T erkennbar wäre, bin ich weder in ihrer Arbeit noch überhaupt in der gesamten Litteratur begegnet und, da ich das für neu hielt, habe ich es hier vorgebracht.

Reinganum: Mir wäre es nicht möglich, etwas über die Zustandsgleichung streng zu berechnen, wenn ich nicht von der Virialgleichung ausginge.

Lummer-Berlin: Wie Sie vielleicht wissen, haben vor längerer Zeit Pringsheim und ich das Verhältnis der spezifischen Wärmen für Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Luft bestimmt. Unsere Methode, die Abkühlung des ausgedehnten Gases direkt durch das Bolometer zu messen, schien uns berufen, die Frage zu entscheiden, ob $\frac{c_p}{c_v}$ von der Temperatur abhängt. Wenn diese Abhängigkeit wohl auch nur bei Gasen mit innerer Arbeit zu erwarten ist (welcher Frage speziell Boltzmann ein grosses Interesse entgegenbrachte), so möchte ich mir doch die Frage erlauben, ob der Herr Vortragende aus seinen Versuchen, welche meines Erachtens sicher ergaben, dass c_v eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur zeigt, schon jetzt einen Schluss ziehen kann über die Abhängigkeit von c_p und damit über die Abhängigkeit des Verhältnisses $\frac{c_p}{c_v}$ von der Temperatur.

Dieterici: Man kann direkt c_p aus dem Diagramm entnehmen. Man braucht bloss die Energiedifferenz zu nehmen zwischen Punkten, wo gleicher Druck besteht, und die äussere Arbeit hinzu addieren. Thun Sie das, so sehen Sie folgendes: Punkte von gleichem Druck liegen bei höheren Isothermen bei höherem Volumen. Bildet man also c_p, so hat man zu c_v die äussere Arbeit und die Energieänderung der oberen Isotherme hinzuzufügen, welche zwischen der Volumvergrösserung liegt. Ist v so gross gewählt, dass die obere Energie-Isotherme schon horizontal verläuft, so ist letzterer Betrag null. Ist v aber nahe dem Sättigungszustand der niederen Temperatur, so ist die Energieänderung der oberen Isotherme, weil sie hier noch gekrümmt ist, zu berücksichtigen. Im wesentlichen muss aber c_p das analoge Verhalten zeigen wie c_v, d. h. ein Maximum in der Nähe der Sättigung haben.

Es wäre höchst interessant, wenn man $\frac{c_p}{c_v}$ hier verfolgen könnte, aber es wird sehr schwierig sein, da man es immerhin mit 20—30 Atm. Druck zu thun hat.

Pringsheim-Berlin: Könnte man es nicht mit einer andern Substanz als Wasser leichter machen?

Dieterici: Wenn man stark verdichteten Dampf untersuchen will, wird man immer der Schwierigkeit, welche die hohen Drucke verursachen, begegnen.

W. Scheffer (Friedenau bei Berlin), Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten.[1]

Wenn man ein mit erweitertem (grösser als 65 mm) Objektivabstand aufgenommenes Stereoskopbild mit einem Stereoskop betrachtet, dessen Linsen eine Brennweite gleich der der Aufnahmeobjektive haben, dann bekommt man, insonderheit, wenn man relativ nahe Objekte aufgenommen hat, einige eigentümliche Erscheinungen am Vorstellungsbild. Dieses Vorstellungsbild erscheint uns nämlich verkleinert, näher gerückt und in die Tiefe verzerrt. Wenn wir mit einem Helmholtzschen Telestereoskop naheliegende Objekte betrachten, so bemerken wir hierbei genau dieselbe Erscheinung. Dieselben erscheinen uns ebenfalls verkleinert, näher gerückt und in die Tiefe verzerrt. Besonders die Versuche mit dem Helmholtzschen Telestereoskop sind so interessant und überzeugend, dass ein Experimentieren mit diesem einfachen Instrument nicht eindringlich genug empfohlen werden kann.

Es giebt nun relativ einfache Formeln, die es ermöglichen, wenn die Daten des Aufnahme- und Betrachtungsapparates gegeben sind, das im Raume schwebende Vorstellungsbild, das bei der Betrachtung entstehen sollte, mathematisch festzulegen. Ich habe diese Formeln und ihre Anwendung in meinem Buch: „Anleitung zur Stereoskopie" auf das genaueste dargelegt. Rechnet man nun nach diesen oder irgendwelchen anderen zweckmässigen Formeln das im Raume stehende Vorstellungsbild aus, welches aus einer mit erweitertem Objektivabstand aufgenommenen

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 20. September.

Stereoskopaufnahme bei Betrachtung mit Linsen von derselben Brennweite entsteht, so kommt man zu dem überraschenden Ergebnis, dass das geometrisch ausgerechnete Bild zwar kleiner und näher gerückt, aber keineswegs in die Tiefe verzerrt erscheint. Das bei der Betrachtung entstehende Vorstellungsbild ist dagegen unter Umständen recht beträchtlich in die Tiefe verzerrt.

Dieser scheinbare Widerspruch zwischen der Berechnung und der Erfahrung liess sich relativ einfach begründen. Zunächst wird die scheinbare Annäherung und Verkleinerung dadurch erklärt, dass der Mensch durch ungeheuer lange Zeiträume hindurch an die Basis von ungefähr 65 mm als Augenabstand gewöhnt ist. Wenn auch diese Basis auf grössere Entfernungen ein ausserordentlich unsicheres Mittel der Entfernungsschätzung ist, so trägt sie doch wesentlich zur Wahrnehmung naher Entfernungen bei (Konvergenz der Augenachsen sowie Parallaxe aus der verschiedenen Lage der Projektionscentren der beiden Augen). Die Menschheit ist nun gewöhnt, alle wahrgenommenen Entfernungen auf die Basis von 65 mm zu beziehen, sie zur Bildung des Urteils als wesentlichen Faktor zu benutzen. Wenn wir plötzlich diese Basis etwa durch das Helmholtzsche Telestereoskop ändern, so wird zunächst eine eigentümliche (psychologische) Unsicherheit unseres Urteils entstehen, da der uns gewohnte konstante Faktor verändert ist. Da wir aber gar nicht in der Lage sind und in keiner Weise Erfahrungen haben, die uns ermöglichen, eine veränderte Pupillendistanz als Grundlage unserer Schätzung anzunehmen, so werden wir, so gut es geht, die alte uns geläufige Basis von 65 mm auch auf die neuen Verhältnisse anwenden. Man kann sich an einer einfachen Figur mit einigen Strichen klar machen, dass die Objekte um so viel näher und kleiner erscheinen müssen, als die neue Basis grösser war, wie die normale Pupillendistanz des Beobachters.

Der Mensch hat bekanntlich eine Pupillendistanz von ungefähr 65 mm.

Machen wir nun die Annahme, wir könnten unsere Pupillendistanz beliebig verändern — was wird die Folge sein?

Durch eine grosse Menge von Erfahrungen ist der Mensch gewöhnt worden, aus der Konvergenz der Augenachsen auf die Entfernung eines Gegenstandes zu schliessen.

Nehmen wir zunächst an, dass wir den Punkt P in Fig. 1 mit normaler Pupillendistanz LN betrachten. Der Punkt wird in einer gewissen Entfernung angenommen werden, die infolge langer Übung des Menschengeschlechtes der wahren Entfernung entspricht.

Nun erweitern wir plötzlich unsere Pupillendistanz auf L_1N; der Konvergenzwinkel ist gewachsen, und zwar von α zu α_1 geworden.

Da wir aber nicht daran gewöhnt sind und es aller Erfahrung widerspricht, mit erweitertem Augenabstand zu sehen, werden wir versuchen, uns den veränderten Verhältnissen im Geiste, so gut es eben geht, auf Grund alter bewährter Erfahrungen anzupassen.

Der einfachste Weg hierzu ist, eine Annäherung des Punktes um soviel anzunehmen, dass der neue Konvergenzwinkel mit der alten Pupillendistanz erreicht wird. Diese scheinbare Annäherung, die **rein subjektiv** ist, können wir mathematisch bestimmen:

In Fig. 1 haben wir nämlich laut Konstruktion die Gleichung

$$\frac{PN}{PN'} = \frac{L_1N}{LN'}, \; (LN' = LN)$$

In Worten: Die subjektiven Entfernungen sind umgekehrt proportional der Basis.

Es besteht nun noch eine Erfahrung, die hier berücksichtigt werden muss, nämlich — wenn ein Gegenstand uns näher rückt, erscheint

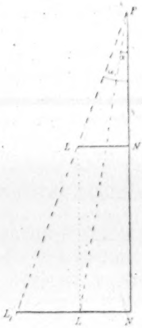


Fig. 1.

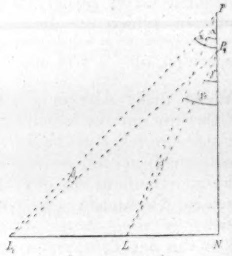


Fig. 2.

er uns unter einem grösseren Gesichtswinkel, und es ist die Vergrösserung durch Annäherung direkt proportional der Tangentenfunktion der Gesichtswinkel. Da uns ein mit erweiterter Pupillendistanz betrachteter Körper zwar näher, aber durchaus nicht grösser erscheint, so nehmen wir, wieder auf Grund der Erfahrung, eine Verkleinerung an — eben weil der nähergerückte Körper von Rechtswegen grösser erscheinen sollte.

Die subjektive Grösse der Objekte ist also ebenfalls umgekehrt proportional der Basis.

Es ist dann noch ein dritter Punkt zu diskutieren: **Die Tiefenwahrnehmung.**

In Fig. 2 ist angenommen, dass die Tiefenstrecke PP_1 so kurz ist, d. h. uns unter einem

so kleinen Sehwinkel (β) bei normaler Pupillendistanz erscheint, dass wir sie als Tiefe gerade nicht mehr wahrnehmen. Bei der erweiterten Pupillendistanz $L_1 N$ genügt $\measuredangle \beta_1$ gerade, um die Punkte getrennt zu sehen, also ein Minimum von Tiefe wahrzunehmen

$$\frac{\text{tang } \alpha}{\text{tang } \alpha_1} = \frac{LN}{L_1 N} \cdot \frac{\text{tang } \gamma}{\text{tang } \gamma_1} = \frac{LN}{L_1 N}.$$

Da die Winkel α und γ sehr klein sind, können wir statt der Tangenten direkt die Winkel setzen:

$$\frac{\alpha}{\alpha_1} = \frac{\gamma}{\gamma_1} = \frac{LN}{L_1 N} \text{ also auch } \frac{\alpha - \gamma}{\alpha_1 - \gamma_1} = \frac{LN}{L_1 N}$$

$$\measuredangle \beta = \measuredangle \gamma - \measuredangle \alpha \text{ (da } \measuredangle \beta = 180^\circ - \measuredangle \alpha - (180 - \measuredangle \gamma))$$

$$\measuredangle \beta_1 = \measuredangle \gamma_1 - \measuredangle \alpha_1$$

also

$$\frac{\beta}{\beta_1} = \frac{LN}{L_1 N}$$

In Worten: die subjektive Tiefenwahrnehmung (das Tiefenvorstellungsvermögen) ist direkt proportional der Basis.

Wenn wir also etwa mit einem Telestereoskop nahe Objekte betrachten, gelten die hier entwickelten Sätze.

Nachdem diese psychologische Begründung der eigentümlichen Erscheinung gefunden war, wurde der Versuch gemacht, ein Stereoskop zu finden, welches bei beliebigem Objektivabstand aufgenommene Objekte ohne Verzerrung zeigt. Durch Rechnung wurde gefunden, dass dieser Bedingung ein stereoskopisches Instrumentarium entspricht bei dem folgende Gleichung erfüllt ist:

Brennweite der Aufnahmeobjektive dividiert durch die Distanz der Aufnahmeobjektive ist gleich Brennweite der Stereoskoplinsen dividiert durch die Pupillendistanz (65 mm).

Dieses stereoskopische Instrumentarium erfüllt noch die weitere sehr wesentliche Bedingung, dass das Vorstellungsbild genau unter denselben Winkeln im Raume erscheint, wie das Objekt selbst. Dieser Umstand erhöht das Lebendige und Naturgetreue der körperlichen Vorstellung ganz ausserordentlich. Das Wesentliche dieser neuen Forderung für die Abstimmung stereoskopischer Aufnahme- und Betrachtungsapparate besteht darin, dass der Stereoskopiker in keiner Weise an irgendein bestimmtes Format gebunden ist, sondern seinen Betrachtungsapparat ohne weiteres seinem Aufnahmeapparat anpassen kann. Früher hatte man, um absolut naturgetreue Vorstellungsbilder zu gewinnen, nur das sog. Orthoformat zur Verfügung, d. h. ein Format gewöhnlich 6 cm $\times$ 13 cm, bei dem die Aufnahmeobjektive 65 mm Distanz hatten. Natürlich konnte dabei auch die Breite der Einzelbilder 65 mm nicht überschreiten.

Wenn man nach unserer Gleichung die Brennweite der Aufnahme-Objektive gleich der Brennweite der Stereoskoplinsen macht, kommt selbstverständlich ohne weiteres das Orthoformat heraus. Es ist das Orthoformat also ein spezieller Fall von vielen, und der Vorteil der hier neu aufgestellten Regel besteht eben darin, dass man grössere Objektivdistanzen anwenden, d. h. breitere Einzelbilder erzielen kann, ohne von den Grundforderungen der Orthostereoskopie abzuweichen, eine Thatsache, die bisher nicht bekannt war. Es ist interessant zu erwähnen, dass bereits Helmholtz hier und da die Äusserung gethan hat, man bekomme mit Stereoskopen von kürzerer Brennweite bei der Betrachtung bessere Resultate, als mit solchen von längerer Brennweite. Bekanntlich wurden zu Helmholtz' Zeiten fast nie Stereoskopbilder mit 65 mm Objektivdistanz aufgenommen, sondern immer mit einer weit kleineren, und es ist anzunehmen, dass Helmholtz diese Verzerrung und ihr Verschwinden bei Betrachtung mit kurzbrennweitigen Stereoskopen wohl bemerkt hat und hierauf seine Angabe gründet. Wenn nämlich die Objektivdistanz eine grössere war, als die Pupillendistanz, so wird, wie leicht ersichtlich, die Brennweite der Stereoskoplinsen eine kürzere werden, als die der Aufnahmeobjektive, ein Postulat, dem bisher kein einziges Stereoskop in exakter Weise genügen konnte, da die hier entwickelten Beziehungen bisher nicht auf die praktische Stereoskopie angewendet wurden. Die Firma C. P. Görz-Friedenau hat es übernommen, ein Präzisions-Stereoskop zu bauen, welches allen wissenschaftlichen Anforderungen auf das genaueste entspricht. Die Mechanik des Instruments ist so eingerichtet, dass ein Modell für alle überhaupt vorkommenden Stereoskopformate in Bezug auf seine Triebbewegung, Bildträger, Verstellung etc. ohne weiteres passt. Die Linsen werden in verschiedener Brennweite geliefert und bei Herstellung eines Stereoskops ist nur die Brennweite sowie die Distanz der Aufnahmeobjektive anzugeben. Es wird alsdann in das Stereoskop ein Paar Betrachtungslinsen von passender Brennweite eingesetzt. Schafft sich der Besitzer eines solchen Stereoskops etwa Aufnahmeobjektive von anderer Brennweite, eine andere Kamera etc. an, so braucht er nur die beiden neuen Daten anzugeben, und er erhält ein Linsenpaar, welches er ohne weiteres gegen das alte einwechseln kann. Alle Linsen sind nach Leere gearbeitet, so dass die verschiedenen Linsenpaare ohne weiteres gegeneinander ausgewechselt werden können. Es steht zu hoffen, dass dies neue er-

weiterte Prinzip der Ortho-Stereoskopie speziell zu Lehrzwecken der Stereoskopie neue Verwendungsmöglichkeiten eröffnen wird. Denn bei den meisten wissenschaftlichen Darstellungen ist es durchaus nicht einerlei, ob man irgendeine körperliche oder eine vollkommene korrekte körperliche Vorstellung bekommt, und eine solche garantiert das hier beschriebene stereoskopische Instrumentarium.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Edler-Halle: Ich möchte mir die Anfrage erlauben, wie wird es bei dem Kopieren von Stereoskop-Aufnahmen, bei denen der Apparat etwas schräg gehalten wurde. Es liegen dann nach dem Umdrehen der Einzelbilder die Horizonte schräg nebeneinander. Stimmt das mit der Theorie?

Scheffer: Die Frage lautet, wenn ich recht verstanden habe, wie werden die Bilder hergestellt, wenn die Kamera beliebig geneigt gehalten wurde bei der Aufnahme. Nun, genau wie gewöhnliche, nur wird bei der Betrachtung das Stereoskop genau so gehalten, wie der Apparat bei der Aufnahme stand.

A. Köhler (Jena), Eine mikrophotographische Einrichtung für ultraviolettes Licht ($\lambda = 275\,\mu\mu$) und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe.[1]

Wenn die Wirkungsweise des Mikroskopobjektivs vollständig dadurch zu erklären wäre, dass die von jedem Objektpunkt ausgehenden Strahlen sich in den konjugierten Bildpunkten vereinigten, dann wäre die streng ähnliche Wiedergabe der eingestellten Objektebene allein an die ausreichende Korrektion der Bildfehler geknüpft, deren Ursachen und Wirkungen uns die geometrische Optik kennen lehrt. Man pflegt allerdings im elementaren Unterricht zunächst die Wirkungsweise des Mikroskops ebenso wie die der übrigen optischen Instrumente unter dieser Voraussetzung zu erläutern, und es lässt sich auch nicht leugnen, dass diese Erklärung, abgesehen von dem didaktischen Wert, den sie bei der ersten Einführung in die Theorie der optischen Instrumente besitzt, auch in vielen und praktisch wichtigen Fällen mit der Beobachtung im Einklang zu stehen scheint. Bei dem Mikroskop tritt sie aber in Widerspruch zu den Thatsachen gerade in den Fällen, wo es sich um die Abbildung der feinsten, diesem Instrument noch zugänglichen Einzelheiten handelt. Den Grund dafür lehrt uns die Physik kennen: sie zeigt uns, dass den Lichtstrahlen, die die geometrische Optik als gegeben annimmt, eine reale Existenz nicht zukommt, dass vielmehr die Ausbreitung des Lichtes in ähnlicher Weise erfolgt, wie die Ausbreitung des Schalles in der Luft oder der Wellen auf einer Flüssigkeit. Nur solange bei der mikroskopischen Abbildung keine Dimensionen in Betracht kommen, deren Ausmasse der Wellenlänge des Lichtes vergleichbar sind, liefert die Annahme solcher Lichtstrahlen noch Resultate, die den Thatsachen nicht auffallend widersprechen: sind diese Bedingungen aber nicht erfüllt, so muss die Abbildung, unter Berücksichtigung der Wellennatur des Lichtes, als eine Beugungserscheinung behandelt werden.

Für das Mikroskop ist das, ziemlich zu gleicher Zeit, von Helmholtz für selbstleuchtende und von Abbe für beleuchtete Objekte geschehen.

Ohne weiter auf die Einzelheiten dieser Untersuchungen einzugehen, sei hier als deren wichtigstes Resultat nur hervorgehoben, dass eine objektähnliche Abbildung unter allen Umständen ihre Grenze finden muss, wenn die Ausmasse der Objektstruktur auf kleine Vielfache oder gar Bruchteile von der Wellenlänge des angewandten Lichtes herabsinken. Das sogenannte Bild giebt dann nicht mehr eine Projektion des Objekts auf die eingestellte Ebene einfach vergrössert wieder, sondern es bietet schliesslich nur noch eine, wenn man so sagen darf, schematische Wiedergabe von der Anordnung der Strukturelemente. Auch diese hört, bei periodischen Strukturen wenigstens, gänzlich auf, wenn die Abstände der Strukturelemente kleiner sind wie die halbe Wellenlänge des angewandten Lichtes: bei diesen Dimensionen liegt die Grenze des sogenannten Auflösungsvermögens.

Die schematische Wiedergabe einzelner Objekte, deren Ausdehnung nach zwei oder drei Dimensionen unter jene Grenze hinabgeht, findet allerdings unter günstigen Bedingungen, wie sie die von Siedentopf eingeführte Beleuchtungsmethode bietet, erst bei Ausmassen ihre Grenze, die viel kleiner sind, als die für die Grenze des Auflösungsvermögens angegebenen. Die Anwendung dieser Methode ist aber auf eben diese bestimmte Kategorie von Objekten beschränkt. Unter allen Umständen kann das Gebiet der objektähnlichen Abbildung nur dadurch erweitert werden, dass man Licht von kleinerer Wellenlänge benutzt. Die Wellenlänge λ des Lichtes ist mit zwei anderen Grössen, mit der Schwingungszahl N und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit V durch die Beziehung verknüpft

$$\lambda = \frac{V}{N}$$

[1] Vorgetragen in Abteilung 2 am 20. September.

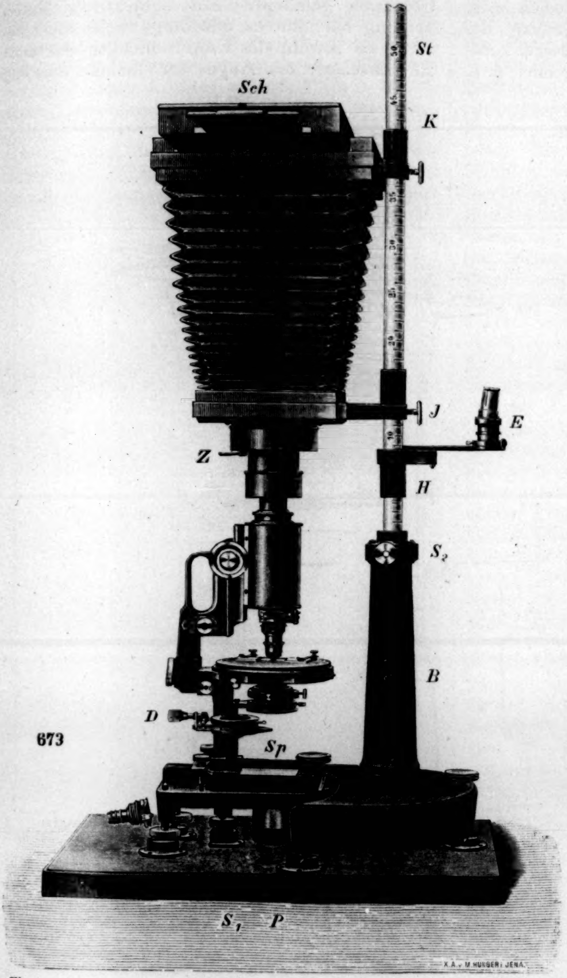


Fig. 1. Mikroskop und Kamera auf der Tischplatte während der Aufnahme (etwa $^1/_6$ nat. Grösse).

S_1 Schraube zum Feststellen der Fussplatte für das Mikroskop; *P* Reflexionsprisma aus Bergkrystall, das das wagrecht einfallende Licht in die Achse des Mikroskops reflektiert; *Sp* Planspiegel zum Beobachten des Funkenbildes auf der Uranglasplatte; *D* Diaphragmenträger mit eingelegter Uranglasplatte, zur Seite geschlagen. Die übrigen Bezeichnungen sind unter Fig. 2 erklärt.

Hieraus ergiebt sich, dass eine Verkürzung der Wellenlänge gebunden ist 1. an eine Verminderung der Geschwindigkeit und 2. an eine Vergrösserung der Schwingungszahl.

Da man bei der mikroskopischen Beobachtung zunächst mit der Anwendung des weissen Lichtes zu rechnen hat, dessen wirksamstem Bestandteil, den hellgrünen Strahlen, eine Schwingungszahl von 545 Billionen zukommt, so ist man zur Erzielung möglichst kurzer Wellenlängen auf das unter 1 genannte Mittel angewiesen: man verwendet ein Medium, in dem die Lichtgeschwindigkeit klein ist, oder, was genau dasselbe sagt, ein Medium, dessen Brechungsexponent hoch ist. Das hochbrechende Medium muss, wenn die Erhöhung des Auflösungsvermögens wirklich voll eintreten soll, vom Objekt aus einerseits bis zur letzten sphärischen Fläche des Kondensors, andererseits bis zur ersten sphärischen Fläche des Objektivs reichen. Für diese Art des Gebrauchs bestimmte Objektive sind die bekannten Immersionsobjektive: Die Erhöhung des Auflösungsvermögens, die diese Objektive einem theoretisch vollkommenen Trockensystem gegenüber aufweisen, wird durch die numerische Apertur (das Produkt aus dem Sinus des halben Öffnungswinkels und dem Brechungsexponenten der Immersionsflüssigkeit) gemessen.

Die verbreitetsten Systeme dieser Art, die Systeme für homogene Immersion, weisen ein Auflösungsvermögen auf, das einem idealen Trockensystem gegenüber um 30—40 Proz. gesteigert ist; bei der seinerzeit von Abbe berechneten Monobromnaphtalinimmersion ist es sogar um 69 Proz. erhöht.

Der Gewinn jedoch, der durch das letztgenannte System theoretisch erreicht sein müsste, war praktisch in sehr vielen Fällen nicht nutzbar zu machen wegen gewisser Eigenschaften, die die hochbrechenden Einschlussmedien besitzen. Für eine grosse Zahl von Objekten, die in wässrigen Einschlussmedien untersucht werden müssen, sind solche Systeme überhaupt nicht mit Nutzen anwendbar. Ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Wege erscheint ausserdem ausgeschlossen, da wir keine für diese Zwecke brauchbaren Medien von erheblich höherem Brechungsexponenten kennen.

Eine wesentliche Erhöhung des Auflösungsvermögens ist dagegen ohne die Anwendung

besonders stark lichtbrechender Medien möglich, wenn man von der Verwendung des weissen Lichtes absieht und ausschliesslich Licht von grösserer Schwingungszahl verwendet, d. h. Gebrauch gemacht. Zur subjektiven Untersuchung hat man es allerdings meist nicht benutzt, da sowohl die Empfindlichkeit wie auch die Sehschärfe des Auges für dunkelblaues und

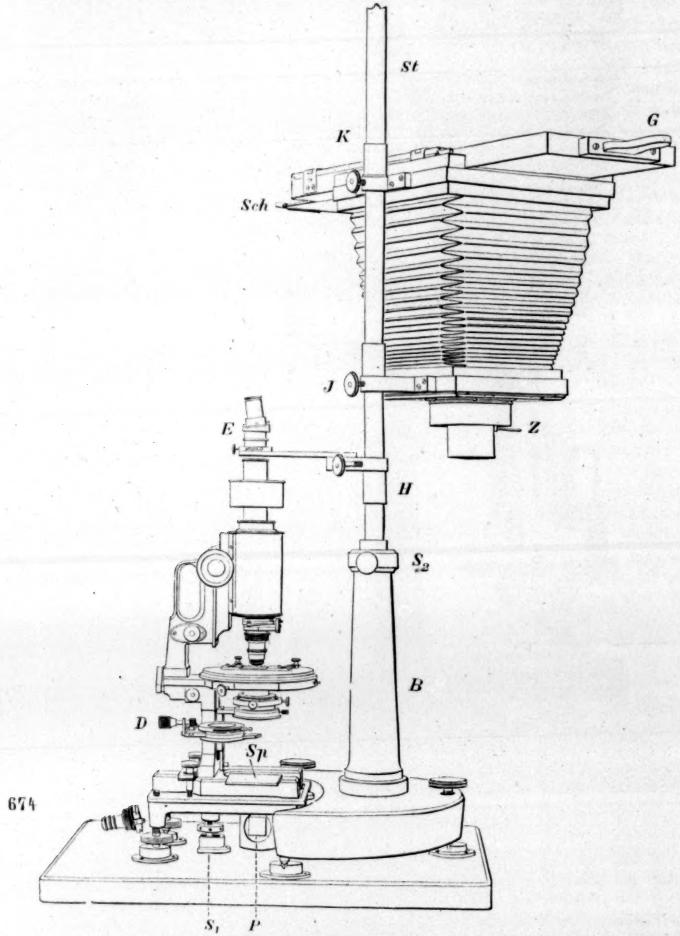


Fig. 2. Mikroskop und Kamera auf der Tischplatte während der Untersuchung und Einstellung (etwa $^1/_6$ nat. Grösse.)
B Fuss der Vertikalkamera; S_2 Klemmschraube zum Festklemmen der drehbaren geteilten Stange *St*; *H* verstellbarer Träger für den Sucher *E*; *J* und *K* verstellbare Träger für die Kamera; *Z* Zeitverschluss; *Sch* aufgezogener Schieber der Schiebekassette; *G* Griff des die photographischen Platten aufnehmenden, verschiebbaren Rahmens. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie in Fig. 1.

blaues oder violettes Licht. Auf die Vorteile, die dessen Anwendung mit sich bringt, hat meines Wissens zuerst Amici hingewiesen, und man hat seitdem mehrfach bei der Untersuchung der feinsten Strukturdetails von diesem Mittel violettes Licht schon ziemlich gering sind, auch wenn man sehr intensive Lichtquellen verwendet; man hat daher in der Regel die Mikrophotographie zu Hilfe genommen.

Ich bin nun noch einen Schritt weiter ge-

gangen und habe versucht, Licht von noch viel kürzerer Wellenlänge, ultraviolettes Licht, zu benutzen, das vom Auge überhaupt nicht mehr direkt wahrgenommen wird. Die Anwendung dieses Lichtes erfordert einen besonderen Beleuchtungsapparat, eine besondere optische Ausrüstung des Mikroskops, eine Vorrichtung zum Beobachten der an sich ja unsichtbaren Bilder, sowie eine mikrophotographische Kamera, die aber nicht wesentlich

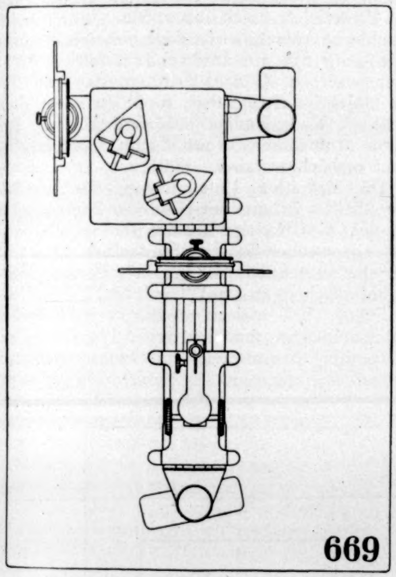


Fig. 3. Beleuchtungsapparat für ultraviolettes Licht mit der Tischplatte. Grundriss ($^1/_3$ nat. Grösse).

F Funkenständer; K_1 Kollimator; P_1 und P_2 Prismen aus Bergkrystall, die die von der Lichtquelle *F* ausgehenden Strahlen verschiedener Wellenlängen trennen; K_2 Kollektor, der die Strahlen einer jeden Wellenlänge in einem Funkenbild vereinigt. Die aus dem Kollektor austretenden Strahlen der anzuwendenden Wellenlänge fallen dann auf das Reflexionsprisma *P* (Fig. 1) und werden von ihm dem Mikroskopkondensor zugeführt. Die erforderliche Aufstellung des ganzen Apparats ergiebt Fig. 4.

von der üblichen Konstruktionsform abweicht. Ein derartiger, vollständiger Apparat sowie Aufnahmen, die ich mit ihm hergestellt habe, sind von der Firma Zeiss ausgestellt. Eine Demonstration des Apparats selbst ist der Natur der Sache nach nur in einem ganz beschränkten Kreise möglich, und ich gestatte mir daher, die Herren, die sich näher dafür interessieren, zur Besichtigung des Apparats in der Ausstellung einzuladen. Hier möchte ich mich darauf beschränken, die Einrichtung kurz unter Benutzung von Lichtbildern zu besprechen und ein paar charakteristische Photogramme, die damit hergestellt sind, zu demonstrieren.

Als Lichtquelle benutze ich den zwischen Kadmium- oder Magnesiumelektroden überspringenden Funkenstrom einer Leydener Flasche, die durch ein Induktorium geladen wird. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen werden durch einen besonderen Beleuchtungsapparat mit Linsen und Prismen aus Bergkrystall zerlegt und das zur Anwendung kommende Licht von der Wellenlänge 275 $\mu\mu$ (bei Magnesium 280 $\mu\mu$) wird durch eine Irisblende abgesondert. Diese Blende bildet die Eintrittspupille eines Kondensors aus Bergkrystall, der an die Stelle der gewöhnlichen, aus Glas bestehenden Kondensorsysteme tritt. Er führt dann dieses Licht in Gestalt eines Strahlenkegels von grösserer oder kleinerer Apertur dem Objekt zu.

Das Objekt selbst liegt auf einem kleinen, aus Bergkrystall hergestellten Objektträger oder auf dünnen Plättchen aus U. V.-Glas und ist mit einem dünnen Deckplättchen aus geschmolzenem Quarz bedeckt. Als Einschlussmittel können Wasser, physiologische Kochsalzlösung, Glyzerin, Gemische von Glyzerin und Alkohol, sowie Vaselinöl dienen; die Anwendung von Kanadabalsam und ähnlichen Harzen ist dagegen ausgeschlossen, da sie zu undurchlässig sind.

Die Objektive sind nach einem ganz neuen, von Dr. von Rohr gefundenen Typus konstruiert. Sie bestehen aus einem einzigen Material — aus geschmolzenem Quarz — und sind nur sphärisch und für die Sinusbedingung korrigiert; eine chromatische Korrektion ist durch die Verwendung monochromatischen Lichtes überflüssig gemacht. Nach mehreren Versuchen haben wir uns für die Herstellung von drei Objektiven — Monochromaten, wie wir sie nennen — entschieden, deren Brennweiten und Aperturen (d. h. die Werte $n \sin u$) zugleich zur Bezeichnung dienen: es sind

6 mm n. A. 0,35; 2,5 mm n. A. 0,85; und 1,7 mm n. A. 1,25

Die beiden zuletzt genannten Systeme sind Immersionssysteme; als Immersionsflüssigkeit dient eine Mischung von chemisch reinem Glyzerin und Wasser, deren Brechungsexponent bis auf kleine Abweichungen mit dem des geschmolzenen Quarzes übereinstimmt.

Da die Wellenlänge des Lichtes, mit dem sie benutzt werden, nur halb so gross ist, wie die mittlere Wellenlänge des Tageslichts, so entspricht ihr Auflösungsvermögen demjenigen von Objektiven mit gerade doppelt so grosser Apertur: also 0,7, 1,7 und 2,5. Für diese Grössen, die hier also das Auflösungsvermögen in derselben Weise charakterisieren, wie es die

numerische Apertur bei der Verwendung von Tageslicht sei, schlage ich die Bezeichnung relatives Auflösungsvermögen vor.

Vergleichen wir das stärkste dieser Systeme — ebenso wie wir es vorhin mit den Immersionssystemen gethan haben — mit einem idealen Trockensystem, so finden wir eine Steigerung des Auflösungsvermögens um 150 Proz., während sie dort nur 30—40 Proz. betrug.

Die Okulare bestehen aus Bergkrystall, ihre Vergrösserungen (nach der von Abbe eingeführten Definition) dienen zugleich zur Bezeichnung; sie betragen 5, 7, 10, 14 und 20.

Zur Beobachtung und zum Einstellen des Bildes habe ich einen Hilfsapparat konstruiert, den ich „Sucher" benennen will. Er ist, wenn ich so sagen darf, ein künstliches Auge, das auf ultraviolettes Licht reagiert. Sein optischer Apparat besteht aus Bergkrystall, seine Retina aus fluoreszierendem Glas. Das auf dieser Retina entworfene Bild wird von dem Beobachter mit einer starken Lupe betrachtet. Dieses künstliche Auge ist weitsichtig; und zwar beträgt die Hypermetropie etwa drei Dioptrieen: hat man daher das Mikroskop so eingestellt, dass das Bild auf der fluoreszierenden Platte scharf erscheint, so wird es, wenn man an die Stelle des Suchers die photographische Kamera bringt, scharf auf die Mattscheibe projiziert, falls der Kameraauszug etwa 30 cm beträgt. Weicht die Kameralänge nur um wenige cm von diesem Betrag ab, so schadet das nichts; grössere Änderungen der Kameralänge sind nicht nötig, da die fünf Okulare eine ausreichende Abstufung der Vergrösserung zur Verfügung stellen.

Für subjektive Beobachtungen mit dem Sucher ist in erster Linie die Magnesiumlinie $\lambda = 280\ \mu\mu$ zu empfehlen, die, wie Pflügers Untersuchungen neuerdings bestätigten, an Intensität alle übrigen bekannten Lichtquellen im Ultraviolett weit übertrifft. Für photographische Aufnahmen ist dagegen die Kadmiumlinie $\lambda = 275\ \mu\mu$ anzuwenden, deren Licht homogener ist als das der Magnesiumlinie. Da die Objektive chromatisch nicht korrigiert sind, giebt die Kadmiumlinie schärfere Bilder. Bei diesen Aufnahmen benutzt man gewöhnliche, nicht orthochromatische Platten.

Die definitive Untersuchung der feinsten Einzelheiten ist nur mit Hilfe der Photographie möglich; die Überlegenheit der photographischen Platte gegenüber fluoreszierenden Schichten tritt hier ebenso deutlich zu Tage, wie bei den Spektraluntersuchungen im Ultraviolett.

Schon bei meinen ersten orientierenden Untersuchungen fand ich nun, dass durch die Anwendung des ultravioletten Lichtes nicht nur

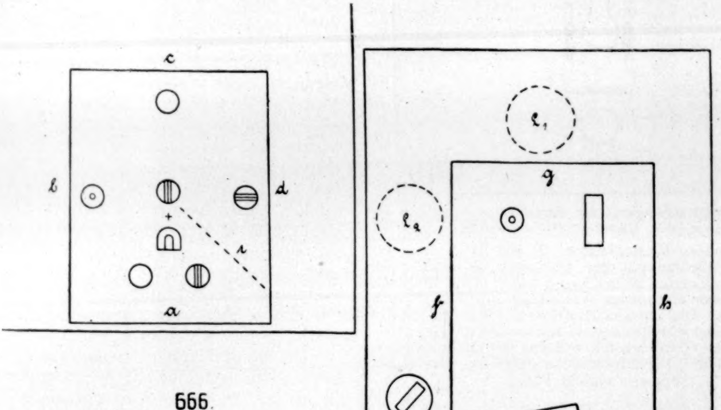


Fig. 4. Schema für die Aufstellung des Apparats. Grundriss ($^1/_{10}$ nat. Grösse).

a b c d Tischplatte für das Mikroskop und die Kamera mit den Unterlagen für die Stellschrauben der Fussplatte und der Kamera. Sie wird auf einen Tisch von gewöhnlicher Höhe aufgelegt. *e f g h* Tischplatte für den Beleuchtungsapparat mit den Unterlagen für dessen Stellschrauben. Sie wird auf einem Tisch oder Schränkchen aufgestellt, dessen Höhe 23 cm niedriger ist wie die des obengenannten. Zur Beleuchtung bei der Durchmusterung der Präparate mit einem Achromaten dient eine Lampe (Glühlampe z. B.), die bei L_1 oder L_2 aufgestellt wird. Steht sie bei L_1, so werden die Strahlen an der letzten Fläche des Prismas P_2 (Fig. 3) teilweise in der Richtung der Achse des Kollektors K_2 reflektiert und gelangen nach einer weiteren Reflexion an dem Prisma P (Fig. 1) zum Kondensor des Mikroskops. Steht die Lichtquelle bei L_2, so fallen ihre Strahlen direkt auf das Prisma P; sie muss selbstverständlich entfernt werden, wenn das ultraviolette Licht in das Mikroskop eintreten soll. *i* ist ein fluoreszierender Schirm, der beim Aufstellen des Apparats zur Orientierung im Funkenspektrum dient.

das Auflösungsvermögen auf einen Betrag gesteigert wird, der auf andere Weise nicht zu erzielen ist, man erreicht damit auch noch einen zweiten, zunächst ganz unerwarteten Vorteil. Zahlreiche Stoffe, wie z. B. das Chromatin der Kerne, die verhornten Zellen der Epidermis, die Fasern der Krystalllinse, erweisen sich als fast undurchlässig, so dass ohne weiteres in den Präparaten Differenzierungen sichtbar werden, die man seither nur durch künstliche Färbung der fixierten Gewebe hervorzurufen vermochte. Von den Geweben der Pflanzen sind ähnlich undurchlässig z. B. die Kutikula, der Kork und die verholzten Zellmembranen.

Aus diesem Grunde kann die Anwendung des ultravioletten Lichtes auch von Wert sein bei Untersuchungen, bei denen die Steigerung des Auflösungsvermögens noch gar nicht in Frage kommt, und für diesen Zweck ist besonders der schwächste Monochromat bestimmt, dessen Auflösungsvermögen ja das starker Trockensysteme nicht einmal erreicht.

Übrigens kann auch bei der Untersuchung mit gewöhnlichen achromatischen oder apochromatischen Objektiven die Beleuchtung mit ultraviolettem Licht zu interessanten Ergebnissen führen. Bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht senden viele Gewebsbestandteile so intensives Fluoreszenzlicht aus, dass sie ohne Anwendung einer anderen Lichtquelle, allein durch ihr eigenes Fluoreszenzlicht leuchtend, noch mit starken Trockensystemen untersucht werden können. Das Licht wirkt auf das Auge noch so stark, dass ich bei dem Sucher besondere Vorkehrungen treffen musste, um es unschädlich zu machen. Auf der photographischen Platte kommt es allerdings dem ausserordentlich viel wirksameren ultravioletten Licht gegenüber nicht zur Wirkung.

Ich habe diese Fluoreszenz zunächst nur als eine störende Nebenwirkung angesehen, die ich unschädlich machen musste; erst in der allerletzten Zeit habe ich sie etwas näher untersucht und bin zu der Ansicht gekommen, dass die Farbe des Fluoreszenzlichtes vielleicht auch zur Unterscheidung verschiedener Gewebsbestandteile benutzt werden kann. So fand ich z. B., dass die Zellmembranen im Holz schön blau fluoreszieren, die Kutikula in einem Falle weiss, in einem anderen Falle, wo sie gelb gefärbt war, ebenfalls gelb.

Bekannt ist ferner, dass das ultraviolette Licht unter Umständen sehr kräftige physiologische Wirkungen ausübt. Zu solchen Untersuchungen ist der in Rede stehende Apparat, wie die kürzlich von Hertel darüber publizierte Arbeit zeigt, ebenfalls bequem verwendbar.

Diese intensiven Strahlen von kurzer Wellenlänge bieten uns also mehr als ein Mittel, vor allem den komplizierten Bau der organischen Materie ein gutes Teil weiter zu erforschen, als es mit unseren seitherigen Hilfsmitteln möglich war: dem Auge des Menschen unsichtbar, versprechen sie da weiter zu helfen, wo die sichtbaren Strahlen beginnen, unserem Gesichtssinn den gewohnten Dienst zu versagen.

Diskussion.

Lummer-Berlin: Ich beglückwünsche den Vortragenden zu dem Fortschritt, der ihm gelungen ist. Es war auch der einzige Weg, um weiter zu kommen.

Um dies klarer erkennen zu lassen, möchte ich kurz auf die Formel für die kleinste noch aufzulösende Distanz eingehen und sie etwas anders deuten, als der Herr Vortragende es gethan hat, welcher sagte, dass mit der Einführung der Immersionsflüssigkeit (Brechungsindex n) eine Verkleinerung der Wellenlänge verbunden sei. Die an die Tafel geschriebene Formel für die noch eben auflösbare Distanz enthält im Zähler die Wellenlänge des benutzten Lichtes und im Nenner das Produkt $n \sin u$.

Zu dieser Formel gelangten Helmholtz und Abbe unabhängig voneinander und auf ganz verschiedenem Wege. Helmholtz, indem er von selbstleuchtenden Objekten ausging und bestimmte, wann sich die Beugungsscheibchen zweier benachbarter Lichtpunkte übereinanderlagern. Abbe, indem er seine Theorie von der Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte aufstellte.

Denken wir uns als Objekt ein Gitter. Das aus diesem austretende Licht setzt sich aus dem ungebeugten Licht und den Spektren erster, zweiter etc. Ordnung zusammen. Abbe zeigt nun, dass man im Mikroskopbild nur dann die richtige Anzahl der Gitterstriche pro Millimeter erhält, wenn ausser dem ungebeugten Licht mindestens das Spektrum erster Ordnung ins Objektiv eindringt, dass aber ein in allen Details ähnliches Abbild nur bei Mitwirkung aller Spektren sichtbar ist.

Erst durch die Abbesche Theorie ist es verständlich geworden, warum man bei schiefem Lichteinfall eine bessere Auflösung erhält als bei centralem. Erst Abbe hat gezeigt, warum es auf das Produkt $n \sin u$ ankommt, welches er mit Recht als die „numerische Apertur" bezeichnete. Je grösser nämlich der Brechnngsindex der Immersionsflüssigkeit ist, um so enger ist der Kegelwinkel, innerhalb welchem sämtliche Beugungsspektra vom Objekt zum Objektiv verlaufen. Die Bedeutung des n beruht also auf dem Kirchhoff-Clausiusschen Satz.

Der durch die Immersion erzielte Fortschritt ist desto grösser, je grösser der Brechungsexponent der Immersionsflüssigkeit ist, und man kann

bis zu dem Brechungsexponenten 1,5 oder höchstens 1,65 gehen.

Hier hingegen, was ein wirklicher Fortschritt ist, erzielt man die Erweiterung der Auflösung durch Veränderung des Zählers, das ist eine wirkliche Veränderung der Wellenlänge, und könnte ich damit bis auf beliebig kleine Wellenlängen heruntergehen, so könnte ich auch mit der Auflösung beliebig weit gehen. Man sieht gleich, wie hier ein Sprung eingetreten ist, indem das Gebiet von 1 auf 2 erweitert ist.

Nun möchte ich mir noch eine Frage erlauben: Wenn solche Objekte nun fluoreszieren? Denken wir uns z. B. ein Gitter, ich bekomme gebeugtes Licht und ich soll es abbilden. Das Objekt fluoresziert gleichzeitig, und wir haben den interessanten Fall, dass beide Theorien nebeneinander laufen. Es könnte eintreten, dass die Grenze der Abbildung für das selbstleuchtende fluoreszierende Licht schon erreicht ist, während das andere noch eine brillante Auflösung giebt. Es könnte also hier sein, dass die Abbildung durch das fluoreszierende Licht des selbstleuchtenden Objektes undeutlich wird, während die Abbildung durch das gebeugte, ultraviolette Licht noch deutlich bliebe.

Köhler: Es liegt genau derselbe Fall vor, wenn man mit weissem Licht beobachtet. Da hat man ein Bild, für dessen Auflösung oder für dessen Objektähnlichkeit massgebend ist die Wellenlänge $\lambda = 550\ \mu\mu$, und dieses ist überlagert von anderen Bildern, z. B. von einem, für dessen Auflösung massgebend ist die Wellenlänge $\lambda = 448\ \mu\mu$ u. s. w. Was man bei weissem Lichte sieht, ist die Übereinanderlagerung dieser einzelnen Bilder, die den verschiedenen Wellenlängen entsprechen und die alle verschieden sind. Bei einem theoretisch vollkommenen Objektiv würden sie alle gleich vollkommen sein, nur die Objektähnlichkeit der einzelnen Bilder würde nach Blau hin zunehmen. Sie kommen aber nicht alle zur Wirkung, das grüne Licht überwiegt, und die anderen Bilder werden nur so weit wahrgenommen, als sie mit dem grünen Bilde übereinstimmen. Feinere Details in den blauen Bildern, wenn sie vorhanden sind, werden einfach unterdrückt, und würden nur zur Wahrnehmung kommen, wenn ich das grüne Licht wegschaffte. Ob das grüne Bild scharf ist oder nicht, ist, wenn es auf die Beobachtung des blauen ankommt, gleichgültig, stören würde es unter allen Umständen.

Eine andere Frage ist, wie würde bei den Monochromaten das Bild aussehen, das vom Fluoreszenzlicht herrührt. Im allgemeinen sehr schlecht. Wahrnehmbar ist es nur, wenn die fluoreszierende Schicht hinreichend dick ist. In Uranglas dringt z. B. das ultraviolette Licht über $^1/_{10}$ mm ein, und das ist für ein mikroskopisches Präparat schon ziemlich dick. Es ist das eine eigentümliche Art der Abbildung: jeder Punkt wird abgebildet durch Licht, das von den benachbarten Punkten auf ihn fällt, und ausserdem noch durch das Licht, das er selbst aussendet. Handelt es sich um körperliche Objekte, so wird das Problem ausserordentlich schwierig und kompliziert.[1])

Lummer: Wenn ein fluoreszierendes Teilchen sich im Objekt befindet, so wird es leuchtend durch Fluoreszenz. Wäre es wohl möglich, dieses Teilchen wahrzunehmen durch das Fluoreszenzlicht, welches es selbst aussendet? Liesse sich wohl gleichsam ein Ultramikroskop ausbauen nach dieser Richtung hin?

Köhler: Ich habe Versuche gemacht mit dünnen Fäden von Uranglas; man sah sie — weil die Fluoreszenz zu schwach war — nicht mehr, wenn sie so klein waren, dass sie nicht mehr objektähnlich abgebildet wurden.

Ich habe diese Versuche gemacht, als ich auf Anregung von Professor Abbe hin glühende Platindrähte beobachtete; auf solchen sieht man Pünktchen, die heller leuchten, — ich weiss nicht woher das kommt —, diese werden richtig als Beugungsscheibchen abgebildet. Ich habe auch Krystalle von Baryumplatincyanür untersucht; auch diese fluoreszieren stark, wenn sie gross sind, aber wenn sie klein sind, sehr schwach.

Lummer: Es interessiert mich die angeregte Frage wegen einer bei den Gasglühstrümpfen auftretenden Erscheinung. Es würde nämlich die Frage beleuchten, warum nimmt die Leuchtkraft bei Gasglühstrümpfen so schnell ab? Ist das, was man hier auf katalytische Wirkung schiebt, nicht vielleicht eine Beugungserscheinung? Kann man einen Spalt so eng herstellen, dass das Licht in sich zurückgebeugt wird? Es ist uns nicht gelungen, das zu machen, und doch glaube ich, es ist in der Natur vorhanden. Ein idealer Leuchtkörper wäre der, der Lichtwellen aussendet, aber keine Wärme. Wie löst man dieses Problem? Man nimmt selektive Stoffe. Das ist leicht gesagt, aber schwer gethan. Ich will es mit jedem Körper lösen. Man sollte einen Körper oberflächlich so ritzen, dass er alle langen Wärmewellen zurückbeugt, die Lichtwellen aber durchlässt. Was bei der Abbildung ein Fehler ist, ist hier ein Vorzug; die langen Wellen werden in sich zurückgebeugt, die Energie kann also nicht hinaus, die Lichtwellen dagegen würden durchschlüpfen. Die im Energiespektrum auftretenden Wellenlängenunterschiede von 3 bis

1) **Anmerkung bei der Korrektur: Auch bei den Immersionssystemen findet eine wirkliche Verkürzung der Wellenlänge statt, die allerdings nur auf den Objektraum beschränkt bleibt. Die Schwingungszahl ändert sich dabei aber natürlich nicht. Vergl. Abbe, E., Gesammelte Abhandlungen, Band I, 6, Seite 145. Jena 1904.**

4 μ sind schon bedeutend genug, um auf diese Weise eine grosse Ökonomieersparung erzielen zu können. Beim Gasglühlicht halte ich es für möglich, dass die Natur so arbeitet. Vielleicht besteht die Wirkung des Ceroxyds darin, die Oberfläche so zu gestalten, dass die langen Wellen nicht hinaus können, und die sichtbaren hindurchgehen. Erstens ist das eine Ökonomieersparung. Zweitens aber wird auch die Abnahme der Helligkeit erklärt. Wenn nämlich diese Ritze verschwinden, gehen auch die Wärmewellen und mit ihnen Energie heraus. Darum wäre es sehr wichtig, wenn man mit dieser Art der mikroskopischen Auflösung dem Problem näher kommen könnte, mit der alten Art der Auflösung kommt man nicht weiter.

Köhler: Man würde ein derartiges Objekt mit Hilfe eines Vertikalilluminators untersuchen müssen. Dieser besteht aus einem kleinen rechtwinkligen, totalreflektierenden Prisma, das die eine Hälfte des Objektivs bedeckt. An der Hypotenusenfläche des Prismas wird das senkrecht zur Achse des Mikroskops (durch ein in der Prismenfassung befindliches Fenster) einfallende Licht reflektiert und gelangt durch die vom Prisma bedeckte Hälfte des Objektivs auf das Objekt. Das Bild, das man beobachtet, wird durch die andere Hälfte des Objektivs entworfen. Eine derartige Untersuchung würde wohl auch mit kurzwelligem Lichte möglich sein.

Lummer: Nein, ich erwarte mehr davon, dass diese Dinge selbst anfangen werden zu fluoreszieren unter dem Einflusse ultravioletter Strahlen.

Köhler: Das wird sich wohl machen lassen. Allerdings ist es schwierig, weil man bei Anwendung starker Vergrösserungen durch dasselbe Objektiv beleuchten muss, durch welches man beobachtet.

Lummer: Ganz gewöhnliche Fluoreszenzgläser haben Sie nicht nach dieser Methode untersucht?

Köhler: Bei diesen sieht man gar nichts, da geht das ultraviolette Licht nicht mehr durch. Die Stoffe, die hier (auf den Photogrammen) so schwarz sind, sind ja fast alle fluoreszierende Stoffe.

J. Stark (Göttingen), Bedienung und Anwendung der Quecksilberlampe aus Quarzglas.[1])

Es wurden verschiedene Typen von Quecksilberlampen aus Quarzglas von der Firma W. C. Heräus (Hanau) vorgeführt, ferner verschiedene Arten der Zündung, nämlich die manuelle und automatische Kontakt- und die Induktionszündung. Es wurde gezeigt, wie sich die zerstreuende Wirkung des ultravioletten Lichtes auf negative Ladungen bequem mit der Lampe demonstrieren lässt. Ferner wurde demonstriert die Wirkung eines Magneten auf die Lichtsäule, die Wirkung auf Chlorsilberpapier und die Ozonisierung durch die ultravioletten Strahlen der Lampe. Es ist wohl zu beachten, dass die Verteilung der Energie im Spektrum des Lichtes der Lampen von Fall zu Fall im allgemeinen verschieden ist. Das Verhältnis der Intensitäten zweier Wellenlängen hängt einmal von der optischen Dicke der strahlenden Schicht ab, zweitens von der Dichte des elektrisch durchströmten Quecksilberdampfes; je grösser diese unter sonst gleichen Umständen wird, desto kleiner wird der Anteil des kurzwelligen Lichtes verglichen mit dem Anteil des langwelligen. Durch entsprechende Wahl der Dampfdichte lassen sich demnach für verschiedene Zwecke geeignete Lampen bauen, solche, die bei hohem Dampfdruck schwach im Ultraviolett, intensiv im Gelb sind, und solche, die stark im Ultraviolett sind und darum beispielsweise stark ozonisieren.

1) Vorgetragen in Abteilung 2 und 4 am 20. September.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Gehrcke (Berlin): Ich möchte mir erlauben, den anwesenden Chemikern eine Frage vorzulegen. Ich habe beobachtet, wenn in der Nähe einer solchen Lampe gewöhnliches Glas liegt, dass sich dann das Glas violett färbt. Das thun nicht alle Glassorten, sondern nur diejenigen, welche man Mangangläser nennt. (Es werden zwei derartige Stücke gezeigt; sie waren 48 Stunden lang einer Quecksilberbogenlampe exponiert und zeigen sich deutlich violett gefärbt.) Diese Färbung des Glases ist bekannt besonders unter dem Einfluss von Radium- und Röntgenstrahlen, letzteres wurde neuerdings von Walter in Hamburg gezeigt; auch durch gewöhnliches Sonnenlicht wird die Färbung bei monatelanger Belichtung hervorgebracht, aber meines Wissens ist noch nicht bekannt, dass sie auch durch ultraviolette Strahlen entsteht. Es wäre mir interessant, über den Chemismus dieser Färbungen des Glases einige Ansichten zu hören.

Ladenburg-Breslau: Vielleicht ist durch das Ozon Mangansäure gebildet worden. Ozon ist ja gebildet worden, wie Sie wohl bemerkt haben. Doch ist das nur eine beiläufige Vermutung, die quantitativ zu prüfen wäre.

Küster-Clausthal: In den Grundlinien der anorganischen Chemie von Ostwald ist die Frage der Färbung der Gläser im Lichte auseinandergesetzt. Auch bei Buchstaben, die auf Schaufenster gesetzt sind, bemerkt man, wenn sie herunter fallen, eine violette Färbung des Glases, da die ausgeblieben ist, wo der Buchstabe das Glas vor Licht schützte. Auch da handelt es sich

um Mangangläser. Darauf, dass die violette Färbung durch Sonnenlicht hervorgerufen wird, macht Ostwald aufmerksam. (Grundlinien, 1. Aufl., S. 600.)

Voller-Hamburg: Die Erklärung der Violettfärbung des Glases durch Ozon bietet doch eine gewisse Schwierigkeit; denn sie tritt auch im Innern einer Röntgenröhre ein, und im Innern derselben ist doch nur eine sehr kleine Menge Sauerstoff und Ozon enthalten.

Freund-Halle: In der Litteratur ist darauf hingewiesen, dass man äusserlich die Färbung nicht für Permanganat halten muss, wenn ich es auch nicht bestreiten will, sondern es existieren auch niedere Manganate, die dem Permanganat sehr ähnlich sind.

Auf Vorschlag von Herrn Professor Lecher (Prag) wird in eine Besprechung der

N-Strahlen [1])

eingetreten.

Otto Lummer [2]) (Berlin): Mit den N-Strahlen begeben wir uns auf ein Gebiet, von dem wir noch nicht wissen, ob es wissenschaftlich ist, ob es den Namen Wissenschaft verdient, obwohl Blondlot für seine Entdeckung von der Pariser Akademie der Wissenschaften mit 50000 Franks belohnt worden ist.

Ich setze voraus, dass Sie vertraut sind mit den Fundamentalversuchen Blondlots, aus denen er das Resultat zog, dass aus einigen Lichtquellen Strahlen kommen, welche die Eigenschaft haben, eine bläulich brennende Flamme, einen kleinen elektrischen Funken zwischen zwei Elektroden oder ein dunkelrot glühendes Platinblech im dunkeln Raum heller leuchten zu lassen. Zu Blondlots Versuchen haben sich noch viele andere gesellt, die sich mit den physiologischen Quellen der N-Strahlen beschäftigen. Auf diese werde ich nicht eingehen. Die erste Frage ist: sind die Fundamentalversuche von andern nachzumachen oder nicht?

Das Resultat der Versuche, die ich mit Professor Rubens ausgeführt habe, lässt sich leicht in einem Satze aussprechen: Wir haben die wichtigsten Versuche wiederholt mit derjenigen Sorgfalt, die wir glaubten anwenden zu müssen, und haben kein positives Resultat gefunden.

Als es uns nicht gelang, diese uns als einfach hingestellten Versuche wiederzufinden, lag der Gedanke nahe, dass physiologische Momente an dem Ergebnis schuld seien, dass die geschilderten Erscheinungen wohl eintreten, aber hervorgerufen seien durch Vorgänge in unserem Auge. Es lag für mich nahe — ich arbeitete gerade experimentell über das Sehen im Hellen und Dunkeln — zu sehen, wieweit die hierbei auftretenden Phänomene geeignet sind, die von Blondlot geschilderten Erscheinungen hervorzurufen. Das gelang leicht. Wenn das Auge völlig ausgeruht ist und man schaut dann ein lichtschwaches Objekt an, so erscheint es hell, will man es jedoch fixieren, so sieht man es überhaupt nicht. Ich gehe auf diese Erscheinungen nicht näher ein, die mir damals zur Erklärung der Blondlotschen Versuche einiges beizutragen schienen. Denn diese Erklärung musste fallen gelassen werden, als Blondlot mit der Arbeit heraustrat, in welcher er behauptet, dass die Wirkung der N-Strahlen auf den elektrischen Funken objektiv nachweisbar sei, seine photographische Wirksamkeit erhöht wird, wenn N-Strahlen auf ihn auffallen, und dass er eine geringere photographische Wirkung zeigt, wenn die Strahlungsquelle abgeschnitten wird.

Nun, wir wollten das nachmachen. Die experimentellen Vorschriften wurden von Arbeit zu Arbeit schwieriger. Anfangs waren es bei Blondlot Funken, die zwischen Kupfer-Elektroden übersprangen; allmählich wurden es sehr komplizierte Apparate, durch welche die Funken erzeugt werden mussten. Wir ahmten sie nach und erwarteten, dass bei den Versuchen, wie Blondlot sie schildert, wohl eine Fehlerquelle zu entdecken sei: denn skeptisch waren wir inzwischen geworden.

Der Versuch wurde so angestellt, dass abwechselnd bald die eine, bald die andere Hälfte einer photographischen Platte dicht vor der Funkenstrecke exponiert wurde. Die Platte wurde hin- und hergeschoben und gleichzeitig bewegte sich ein mit ihr fest verbundener Bleischirm so, dass er in der einen Stellung zwischen der N-Strahlenquelle und der Funkenstrecke stand, die N-Strahlen also abschnitt, in der anderen Stellung aber die N-Strahlen ungehindert auf die Funkenstrecke fallen liess. In beiden Fällen zeigte sich bei Blondlot ein deutlicher Unterschied in der photographischen Wirkung. Man könnte vermuten, dass durch das Hin- und Herschieben der Bleiplatte eine Änderung der Kapazität der Funkenstrecke entstehen könnte.

Silv. Thompson sagte mir sofort, es sei dies die einzige Möglichkeit, die Wirkung durch eine Fehlerquelle zu erklären. Aber wir erhielten überhaupt keinen Unterschied, weder wenn wir mit grossen Funken arbeiteten, noch mit kleinen.

Nun sagten wir, wenn es mit den Funken nicht geht, so vielleicht mit den stillstehenden Phosphoreszenz-Schirmen, die ja in den Ab-

---

1) Sitzung von Abteilung 2 und 4. 20. September.

2) Wegen Erkrankung des H. Prof. Lummer habe ich auf seinen Wunsch diesen Vortrag sowie die meisten in der Diskussion zu anderen Vorträgen von ihm gemachten Bemerkungen nach der stenographischen Aufzeichnung zu korrigieren versucht. E. Pringsheim.

handlungen über die N-Strahlen, deren Zahl bereits auf 85 angewachsen ist, eine grosse Rolle spielen. Wir probierten es, und wir versuchten mit grossen und kleinen Schirmen zu photographieren. Bei den grossen geht es nicht, sagt Blondlot. Wir verstehen freilich nicht, wie da ein Unterschied zwischen grossen und kleinen Flächen entstehen kann; denn wenn es sich um eine Molekularwirkung handeln sollte, sind auch die kleinsten Flächen, die wir erhalten können, noch ausserordentlich gross gegen die Moleküle.

Auch diese Versuche gaben uns objektiv absolut keine Differenz zwischen den Aufnahmen mit und ohne Bestrahlung. Leider war die Arbeit vergeblich. Denn nun publizierte Jean Becquerel, dass die Änderung der Helligkeit nur im Auge entstehe, indem die Empfindlichkeit der Netzhaut durch die Bestrahlung erhöht werde. Blondlot bekennt sich auch zu dieser Auffassung in Bezug auf den Phosphoreszenzschirm; aber in einem Briefe an mich hält er die Wirkung des Funkens als objektiv aufrecht und schickte mir auch einige seiner Platten. Wir ahmten diesen Versuch nochmals genau nach seinen brieflichen Angaben nach, aber wieder ohne Erfolg. Also, wir haben es mit zweierlei Wirkungen der N-Strahlen zu thun, erstens mit solchen, die wesentlich darin bestehen, die Empfindlichkeit der Netzhaut zu erhöhen, und zweitens mit solchen, die die photographische Wirksamkeit des elektrischen Funkens erhöhen.

Beschäftigen wir uns mit den ersten, mit denen allein weiter gearbeitet worden ist. Nun, das braucht nicht jeder zu sehen, dazu gehören vielleicht privilegierte Augen, und die scheinen Rubens und meine Freunde nicht zu besitzen. Aber man kann doch fragen, um welche Helligkeitsänderungen handelt es sich denn? Blondlot und seine Anhänger sehen noch im 10. Beugungsspektrum etwas, wo wir in der ungeschwächten Lichtquelle nichts sehen. Ich übergehe, was in England schon mit Recht eingewendet wurde, dass nach der beugungstheoretischen Berechnung die von Blondlot beobachteten Beugungsbilder der verschiedenen Ordnungen überhaupt räumlich nicht zu trennen wären. Es ist vielleicht misslich, mit Strahlen, deren Existenz überhaupt noch nicht sicher ist, so zu rechnen, als ob es Lichtstrahlen wären.

Ich übergehe daher die Schwierigkeiten, die auf dem Papier entstanden, und wende mich zu den Beobachtungen.

Wir wählten einen phosphoreszierenden Schirm von beliebiger Grösse, der auf einer Photometerbank befestigt und mit Radiumstrahlen bestrahlt wurde. Das Entfernungsgesetz gilt hierbei. Ein Beobachter musste auf den Schirm schauen und sagen, wenn die Helligkeit sich änderte, während der andere Beobachter den Support mit dem Radiumpräparat verschob. Um auch Kontrastwirkung zu haben, schob man den Schirm auch schnell hin und her und liess ihn nicht bloss langsame Bewegungen ausführen. Die Versuche sollten auch ein Mass geben dafür, wie stark sich die Helligkeit ändert, je nachdem man ein solches schwach leuchtendes Objekt direkt oder indirekt anschaut. Nun, sie ändert sich von Null bis Unendlich, denn es kommt vor, dass es beim direkten Sehen überhaupt nicht gesehen wird. Aber auch, wenn es gesehen wird, entstehen noch Änderungen der Helligkeit im Verhältnis von 1 : 4 bloss durch die Bewegung des Auges. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass Vorgänge mitspielen, welche nach der Theorie von Kries auf der Dunkeladaptation der Stäbchen beruhen. Und so ist die Frage jedenfalls berechtigt, die wir erheben, wie Blondlot und seine Anhänger die Erscheinungen beobachten, ob in direktem oder indirektem Sehen. Vorher hatten die Beobachter hierüber gar nichts gesagt. Jetzt schrieb mir eine Stelle, die ich nicht nennen will, man müsse die Erscheinungen direkt beobachten, Blondlot dagegen will, dass mit indirektem Sehen beobachtet wird. Unsere Versuche zeigten, dass man dabei Helligkeitsunterschiede von 50 Proz. noch gerade wahrnehmen kann. Wenn man aber längere Zeit im Dunkeln gearbeitet hat — Mascart schrieb mir, er habe einen vollen Tag gebraucht, um die N-Strahlen wahrnehmen zu können, — da schleichen sich leicht psychologische Momente ein; es kam z. B. vor, dass der Support allein, ohne das Radiumpräparat bewegt wurde, und der andere Beobachter doch ansagte: heller, dunkler (Heiterkeit).

Beim indirekten Beobachten war es noch nicht allgemein bekannt, dass auch da durch physiologische Vorgänge Helligkeitswechsel hervorgebracht werden, sie sind nicht ganz so gross, als beim Übergang vom direkten zum indirekten Sehen, das will ich nicht behaupten, aber es entstehen auch da Helligkeitswechsel. Dazu will ich ein Experiment anführen, das ich als Heinrich-Experiment bezeichnet habe, weil es Heinrich beschrieben hat. Im dunkeln Zimmer kann es jeder anstellen. Denken wir uns die Augenachse festgelegt, dadurch, dass wir einen Gegenstand fixieren, und lassen Sie von einem Freund eine Kerze in paralleler Richtung aus einer gewissen Entfernung dem Auge immer näher und näher bringen. Der zweite Beobachter kann gleichzeitig beobachten, was die Pupille des ersten Beobachters thut. Dann beginnt folgendes Spiel. Der erste Beobachter sagt, ich sehe nur eine wenig ausgedehnte Fläche, deren Form ich nicht angeben kann. Jetzt wird die Kerze näher und näher gebracht.

Das Bild der Kerze wird deutlicher und heller und gleichzeitig schrumpft die Pupille ein, und wenn man die Kerze deutlich sieht, soweit als man im indirekten Sehen deutlich sehen kann, ist die Öffnung der Pupille bedeutend kleiner geworden. Das beruht auf Akkommodations-Vorgängen. Man richtet seine Aufmerksamkeit auf einen leuchtenden Gegenstand, und es zeigt sich, dass zufolge des Zusammenschrumpfens aller Energie auf wenige Netzhautstellen im Gehirn die Empfindung vermehrter Helligkeit hervorgebracht wird. Also auch im indirekten Sehen giebt es physiologische Momente, welche Helligkeitsempfindungen hervorrufen.

Also für Rubens und mich sind analoge Erscheinungen, wie sie als Wirkung der N-Strahlen beschrieben werden, zurückgeführt auf solche des Sehens im Hellen und Dunkeln und des direkten und indirekten Sehens. Es kommen ferner psychologische Momente hinzu, von denen wir eines angeführt haben. Und darum, solange es nicht gelingt, die Erscheinungen der N-Strahlen objektiv nachzuweisen, halten wir uns für berechtigt, zu sagen, es dürften wohl physiologische und psychologische Momente sein, auf denen sie beruhen. Zum Schluss möchte ich noch diejenigen von Ihnen, welche auch vergeblich gearbeitet haben, bitten, die Hand hochzuheben (es geschieht). Also Sie haben auch keine privilegierten Augen, oder die Versuche sind sehr schwierig im Gegensatz zu dem, was zuerst geschrieben wurde, wonach sie kinderleicht sein sollten.

Paul Weiss (Zürich): Ich erkenne vollkommen an, dass es, wie Prof. Lummer soeben gezeigt hat, nicht richtig ist, das über die N-Strahlen Publizierte anzunehmen. Die Schwierigkeiten sind psychologischer und physiologischer Natur und bestehen auch in Widersprüchen der verschiedenen Publikationen gegeneinander und gegen die Gesetze der Physik. Aber es scheint mir auch sehr schwierig, alles in einem Male zu verwerfen. Wenn die Versuche sehr schwierig sind, so muss man betonen, dass negative Versuche prinzipiell nichts beweisen, sondern die Sache nur weiter hinausschieben. Auch ich habe über N-Strahlen nicht gearbeitet, sondern nur gelegentlich die Versuche zu meiner Belehrung zu wiederholen gesucht, und die letzte Gelegenheit, bei welcher ich mich zu belehren suchte, war ein Tischgespräch mit Professor Lummer, welches zur heutigen Diskussion Anlass gegeben hat. Ich wurde unterwiesen in der Technik der Versuche durch Broca. Broca zeigte mir, eine kleine Bleiröhre zu benützen, welche durch einen Stempel aus Holz geschlossen war, und in dieses war eingeschnitten ein Kreuz $^1/_2$ mm breit, und hineingerieben etwas phosphoreszierendes Calciumsulfid. Angeblich ist das Blei nicht durchlässig für die Strahlen. Legt man dieses Rohr auf einen Gegenstand, von dem Strahlen ausgehen, so treffen nur diejenigen, deren Ursprung unter der Öffnung der Röhre liegt, auf das Kreuz. Die Erscheinung besteht darin, dass das Kreuz zuerst nur wenig scharf sichtbar ist, wenn es aber durch die sog. Strahlung getroffen wird, die Striche schmäler und schärfer scheinen, wogegen die gesamte Lichtmenge nicht grösser scheint. Ich habe versucht erstens mich zu üben in der Beobachtung der Erscheinung und zweitens Kontrollversuche anzustellen. Die Übung habe ich vorgenommen an den sog. physiologischen N-Strahlen, und zwar an den Nerven im Handgelenk. Man fährt vorüber an dem Gelenk und sieht hin, ich weiss nicht, ob direkt oder indirekt, aber etwa mit derselben Art von Aufmerksamkeit, mit welcher man eine Zeitung liest.

Man sieht sehr leicht Helligkeitsschwankungen, die zum Teil sich ereignen, wenn man am Nerv vorbeifährt, und zum Teil zufällig erscheinen. Aber nur mit Mühe und Geduld kann man zu der Überzeugung gelangen, dass die Nähe des Nervs systematisch ein schärferes Auftreten des Kreuzes hervorruft.

Soweit die Einübung der Beobachtung; der Eindruck, dass es sich um etwas Objektives handle, wurde bei mir dadurch verstärkt, dass ich beim Wiederholen des Versuches im Laufe von 3 Monaten sehr oft dieselbe Topographie meiner Handnerven beobachtete und auch das Entgegengesetzte mir nicht zu beobachten gelang, als ich versuchte, es zu erwarten. Nun wollte ich Kontrollversuche machen, obwohl ich die Ergebnisse von verschiedenen von Pariser Physikern angestellten Versuchen kannte, die, wie diejenigen von Prof. Lummer, negativ ausgefallen waren. An Stelle der physiologischen Quellen nahm ich ein Auerlicht. Ich nahm einen Bleischirm mit einer Öffnung von 3×4 cm und liess ihn durch das Auerlicht bestrahlen. Die Bleiplatte und ihre Öffnung waren mit einer Aluminiumplatte bedeckt und diese letztere wurde mit der Brocaschen Röhre untersucht. Ich wusste, dass die Öffnung der Bleiplatte in der Mitte der Aluminiumplatte war und ich bekam dort, in der That, dieselbe Erscheinung zu sehen, wie als ich an den Nerven vorbeifuhr. Als ich aber die Bleiröhre durch einen Mitarbeiter ohne mein Wissen verdecken liess, versagte die Kontrolle. Der Mitarbeiter gab ein leises Zeichen mit dem Fusse, um den Moment zu bezeichnen, in welchem ich die Beobachtung machen sollte. Ich sagte mehrmals hell, dunkel, hell u. s. w., wo gar nichts geändert war. Ich vermutete daher, die Spannung der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Zeichen sei vielleicht hinderlich für die Beobachtung, und ich änderte den Versuch in folgender Weise ab. Ich liess

einen mir unbekannten Buchstaben aus der Bleiplatte ausschneiden und suchte ihn durch Markieren der Punkte, wo ein schärferes Auftreten des Kreuzes wahrgenommen wurde, mit Kreide auf der Aluminiumplatte zu bestimmen. Diese Versuche habe ich in der allerletzten Zeit angefangen und erst wenige Stunden daraufverwendet. Sie verliefen derart, dass die Wahrscheinlichkeit der Existenz einer objektiven Erscheinung mir nicht vermindert erschien. (Ich glaube nicht, hier im Referat, in die mündlich gegebenen Details über diese unvollendeten Versuche eingehen zu sollen.)

Ich muss mich sehr entschuldigen, dass ich diese unvollständigen Versuche hier vorbringe. Ich hätte sie nicht vorgebracht, wenn nicht diese Veranlassung gewesen wäre. Ich möchte sie auch nicht deuten, weder in dem einen noch in dem andern Sinne. Ich möchte nur meine persönliche Überzeugung ausdrücken, dass es sich noch sehr lohnt, weitere Versuche anzustellen, um Klarheit zu verschaffen.

W. Nernst (Göttingen), Beitrag zur Kenntnis chemischer Gleichgewichte bei hohen Temperaturen.[1]

Der Vortragende berichtet kurz über die Verwendung elektrisch geheizter Iridiumöfen zur Untersuchung chemischer Gleichgewichte bei hohen Temperaturen und demonstriert eine Tabelle, welche die Abhängigkeit der Bildung von Stickoxyd aus atmosphärischer Luft bei hohen Temperaturen angiebt.

Eine andere, wie es scheint, vielversprechende Methode beruht auf dem Studium der Explosionsvorgänge. Der Vortragende berichtet über diesbezügliche Versuche, die Herr Dr. Finckh angestellt hat, bei denen Knallgas mit atmosphärischer Luft vermengt zur Explosion kam. Und zwar wurden Gemische gleicher Zusammensetzungen bei verschiedenen Drucken zur Explosion gebracht und die Menge Stickoxyd bestimmt, welche sich nachher im Eudiometer vorfand. Da man annehmen darf, dass die Abkühlung fast ausschliesslich durch Strahlung erfolgt, so muss die Zeit, während welcher die maximale Temperatur konstant bleibt und welche nach $^1/_{1000}$ Sekunden zählen dürfte, konstant sein und dadurch wird es ermöglicht, die Prinzipien der chemischen Kinetik auf den vorliegenden Fall anzuwenden. Die Berechnung der Zahlen ergiebt, dass es sich bei der Bildung von Stickoxyd um eine bimolekulare Reaktion handelt; die für eine Temperatur von 2580^0 in absoluter Zählung abgeleitete Gleichgewichtskonzentration reiht sich vollständig in die vom Vortragenden früher gegebene Tabelle ein.

In dieser Weise konnten also die Prinzipien der chemischen Statik und Kinetik auf sehr hohe Temperaturen einerseits und ausserordentliche kleine Zeiten andererseits angewandt werden. — Die ausführliche Mitteilung erfolgt demnächst in der Zeitschr. f. anorg. Chemie.

[1] Kurzes Autorreferat über den Vortrag in Abteilung 2 und 4 am 20. September.

Leo Grunmach (Berlin), Über gemeinsam mit Herrn Reg.-Rat Dr. E. Meyer ausgeführte Versuche zur Gewichtsbestimmung der Emanation des Gieselschen Emanationskörpers.[1]

Als ich im Mai den auf der Tagesordnung stehenden Vortrag ankündigte, hatte ich die Hoffnung, dass ich heute schon Ihnen einige positive Resultate würde mitteilen können über die Versuche, welche ich seit dem Oktober des vergangenen Jahres gemeinsam mit Herrn E. Meyer von der Normal-Eichungs-Kommission zu Berlin ausführe, um die Gewichtsabnahme des Gieselschen Emanationskörpers (Emanium) infolge seiner Emanation quantitativ durch die Wage nachzuweisen. Im Laufe dieser unserer Untersuchungen hat sich indessen eine Fehlerquelle bemerkbar gemacht, durch deren Einwirkung die nachzuweisende Gewichtsabnahme des Emaniums offenbar verdeckt wird. Da wir noch mit dem weiteren Studium des Einflusses dieser Fehlerquelle beschäftigt sind, sehe ich mich veranlasst, den angekündigten Vortrag vorläufig zurückzuziehen.

Leo Grunmach (Berlin), Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichts von verflüssigtem Stickstoffoxydul.[2]

In zwei früheren, auf den Naturforscher-Versammlungen zu Aachen und zu Hamburg gehaltenen Vorträgen[3]) habe ich gezeigt, dass man die Kapillarwellenmethode zur Bestimmung der Oberflächenspannungen und Molekulargewichte verflüssigter Gase anwenden kann. In diesem Vortrage will ich mir als Fortsetzung meiner Untersuchungen auf diesem Gebiete erlauben, über meine mit Stickstoffoxydul ausgeführten Versuche[4]) in Kürze zu berichten.

1) Abteilung 2, am 21. September.

2) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept. Siehe auch L. Grunmach, Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. zu Berlin vom 28. Juli 1904.

3) L. Grunmach, l. c. 1900, S. 829 und 1901, S. 914. Verh. deutscher Naturf. u. Ärzte, 14, 1900 und 51, 1901. Diese Zeitschr. 1, 613, 1900; 3, 217, 1901.

4) Diese Versuche sind von mir zum grössten Teile ausgeführt worden im anorganischen Laboratorium der Technischen Hochschule. Dem Vorsteher desselben, Herrn Prof. Dr. Erdmann, spreche ich für sein gefälliges Entgegenkommen, ferner meinen Assistenten, den Herren Dr. Wilhelm Radeboldt und Franz Weidert, für die mir gewährte Unterstützung meinen verbindlichsten Dank aus.

Das verfl[illegible] Stickstoffoxydul wurde als chemisch rein ([illegible] von Stickoxyd und Sauerstoff) von der e[illegible]chen Firma Ash and Sons in Stahlbomben [illegible]zogen. Aus der Bombe wurde es zunächst [illegible]urch ein mit konzentrierter Schwefelsäure gefülltes Trockengefäss und aus diesem in einen als Kondensationsgefäss dienenden Erlenmeyerschen Kolben geleitet, dessen Deckel mit zwei Bohrungen für das Zuleitungsrohr und für ein Pentanthermometer versehen war. Das Kondensationsgefäss stand auf einem Glasdreifuss innerhalb eines grossen aus zwei konzentrischen Cylindern gebildeten Doppelgefässes, dessen Zwischenräume durch Watte ausgefüttert waren. Als Abkühlungsflüssigkeit im inneren Cylinder wurde Petroläther benutzt, der durch Eingiessen von flüssiger Luft bei beständigem Umrühren auf -93 bis 95^0 C. abgekühlt wurde, während die Temperatur im Kondensationsgefäss einige Grad höher gehalten wurde. Da Kondensations- und Erstarrungstemperatur des Stickstoffoxyduls nahe aneinander liegen, muss sowohl die Abkühlung, wie das Zuströmen des Gases genau reguliert werden, um ein Erstarren des kondensierten Stickstoffoxyduls und ein Verstopfen des Zuleitungsrohres zu verhüten. Das so verflüssigte Stickstoffoxydul wurde durch Filter in das zur Beobachtung dienende halbkugelförmige Dewarsche Gefäss hineinfiltriert, welches möglichst erschütterungsfrei auf einem die Grundplatte des Stimmgabelstativs durchsetzenden, also unabhängig von ihm fest aufgestellten, Dreifuss ruhte.

Die Versuchsanordnung und die Methode der Beobachtung war die gleiche wie bei meinen früheren Versuchen [1]), nur habe ich diesmal zur Berechnung der Oberflächenspannung aus der allgemeinen Gleichung

$$\alpha = \frac{\sigma n^2 \lambda^3}{2\pi} - \frac{g \lambda^2 \sigma}{4\pi^2} \text{ dynen/cm},$$

in welcher σ die Dichte, n die Schwingungszahl, λ die Wellenlänge und g die Erdbeschleunigung bedeuten, auch das von der Schwere herrührende Korrektionsglied berücksichtigt, dessen numerischen Einfluss ich an anderer Stelle diskutiert habe. [2])

Als erregende Stimmgabel diente wieder die mit P. T. R. II 38 bezeichnete; sie war inzwischen zu Kapillarmessungen auf flüssigem Brom und flüssigem Jod benutzt und durch deren Dämpfe etwas angegriffen worden und wurde deshalb von neuem von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft mit dem Ergebnis, dass ihre Gleichung jetzt ist

$$n_t = 253{,}01 - 0{,}025\,(t - 19{,}1).\ ^{1})$$

Als Siedepunkt des Stickstoffoxyduls geben Cailletet und Colardeau [2]) den Wert $-88{,}8^0$ C. an ohne nähere Angabe des zugehörigen Barometerstandes, während Ramsay und Shields [3]) bei Atmosphärendruck den Wert $-89{,}8^0$ C. finden. Da meine Beobachtungen bei den Barometerständen $\beta_0 = 741{,}1$ mm und $\beta_0 = 753{,}3$ mm ausgeführt worden sind, so habe ich den Siedepunkt besonders bestimmt und gefunden $-89{,}4^0$ C. bei $\beta_0 = 741{,}1$ mm.

Als Thermometer diente hierzu ein von C. Richter aus Jenenser Glas 16^{III} hergestelltes, von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüftes Pentanthermometer P. T. R. II 20286. Unter Annahme der von Cailletet [4]) früher mitgeteilten Daten über Tension des Stickstoffoxyduls, nämlich dass einer Druckdifferenz von 0,1 Atmosphäre eine Temperaturdifferenz von 2^0 C. entspricht, ergiebt sich dann als Siedepunkt für den Barometerstand $\beta_0 = 753{,}3$ mm der Wert $-89{,}1^0$ C.

Für die Dichte des verflüssigten Stickstoffoxyduls liegen ältere Beobachtungen vor von Andréeff [5]), aus denen er die Formel ableitet

$$\sigma = 0{,}9368 - 0{,}0039\,t$$

und neuere Beobachtungen von L. Cailletet und E. Mathias [6]), die sie durch die Gleichung darstellen

$$\sigma = 0{,}342 + 0{,}00166\,t + 0{,}0922\sqrt{36{,}4 - t}.$$

Hierbei ist indessen zu bemerken, dass die Beobachtungen von Andréeff sich nur auf das Temperaturintervall von -7^0 bis $+20^0$ C. und diejenigen von Cailletet und Mathias auf das Temperaturintervall von $-20{,}6^0$ bis $+24^0$ C. erstrecken.

Deshalb habe ich auch die Dichte bei der Siedetemperatur besonders bestimmt mittels der Mohrschen Wage und bei $t = -89{,}4^0$ C. den Wert gefunden $\sigma = 1{,}2257$, einen Wert, der übrigens gut übereinstimmt mit dem aus der Cailletet-Mathiasschen Gleichung für $t = -89{,}4^0$ C. extrapolierten Wert für die Dichte des flüssigen Stickstoffoxyduls (1,2277). Für die zweite dem Barometerstande $\beta_0 = 753{,}3$ mm entsprechende Beobachtungstemperatur $-89{,}1^0$ C. ergiebt sich dann unter Benutzung jener Formel $\sigma = 1{,}2250$.

Es mag besonders hervorgehoben werden, dass die Siedepunkts- und Dichtebestimmungen

1) L. Grunmach, l. c.; ferner Ann. d. Phys. (4) **3**, 659, 1900; **9**, 1262, 1902.

2) L. Grunmach, Wissenschaftl. Abhandl. d. Kaiserl. Normal-Eichungs-Kommission. Heft III, S. 107, 125 u. ff.

1) Die erste vor 9 Jahren ausgeführte Prüfung hatte ergeben $n = 253{,}13 - 0{,}025\ (t - 19{,}1)$.

2) L. Cailletet u. E. Colardeau, C. R. **106**, 1189, 1888.

3) W. Ramsay und J. Shields, Journ. Chem. Soc. p. 833, 1893.

4) L. Cailletet, Arch. de Genève **66**, 16, 1878.

5) E. Andréeff, Liebigs Ann. **110**, 1, 1859.

6) L. Cailletet et E. Mathias, Journ. de Phys. 2. Serie (5), S. 549, 1886.

No. der Beobachtungsreihe	Reduzierter Barometerstand in mm	Zugehörige Siedetemperatur des flüssigen N_2O in ^{0}C.	Entsprechende Dichte des flüssigen N_2O	Mittlere Spitzenentfernung in Mikrometerpartes	Mittlere Wellenlänge λ in Mikrometerpartes	Mittlere Temperatur t der Stimmgabel in ^{0} C.	Schwingungszahl n der Stimmgabel bei der Temperatur t	Spezifische Kohäsion a in cm^2	Oberflächenspannung α in dynen/cm
1.	741,1	—89,4	1,2257	1732,0	108,60	13,1	253,16	43,038	26,376
2.	741,1	—89,4	1,2257	1731,4	108,738	13,75	253,14	43,245	26,503
3.	753,3	—89,1	1,2250	1733,7	108,316	10,75	253,22	42,593	26,089

bei Anwendung langer cylindrischer Dewarschen Gefässe grosse Vorsicht und Sorgfalt erheischen wegen der Siedeverzugserscheinungen, die explosionsartig auftreten, wenn das Thermometer oder der Schwimmkörper der Mohrschen Wage die innere Wandung des Dewarschen Gefässes berührt. Um nun zur Mitteilung der Ergebnisse der eigentlichen Kapillarwellenmessungen überzugehen, so sind drei unabhängige Beobachtungsreihen ausgeführt worden, deren jede wieder aus zehn bis fünfzehn gut untereinander übereinstimmenden Einzelbeobachtungen bestand.

In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind nur die Mittelwerte der drei Beobachtungsreihen mitgeteilt. Die Bedeutung der einzelnen Kolumnen ist aus den einzelnen Überschriften ersichtlich. Zu Kolumne 5 sei nur hinzugefügt, dass die darin mitgeteilten Werte der Spitzenentfernung der Stimmgabel in Mikrometerpartes die Mittelwerte der Messungen sind, welche am Anfange und am Schlusse jeder Beobachtungsreihe ausgeführt worden sind, und dass diese Spitzenentfernung andererseits mittels des Horizontalkomparators zu 20,5854 mm bestimmt worden war.

Man erhält demgemäss für die mittlere beobachtete Siedetemperatur —89,3^0 C. als spezifische Kohäsion des verflüssigten Stickstoffoxyduls im Mittel

$$a^2 = 42{,}959 \text{ cm}^2$$

und als Oberflächenspannung des verflüssigten Stickstoffoxyduls

$$\alpha = 26{,}323 \text{ dynen/cm.}$$

Nun ergiebt sich aus der Gleichung für die molekulare Oberflächenenergie

$$\alpha v^{\frac{2}{3}} = 2{,}27\ (\Theta - t),$$

in welcher v das Molekularvolumen, Θ die kritische und t die Beobachtungstemperatur der Flüssigkeit bedeuten, für das Molekulargewicht M die Gleichung

$$M = \sigma \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,(\Theta - t)}{\alpha}\right)^3}.$$

Für die kritische Temperatur des Stickstoffoxyduls liegen in der Litteratur zwei Bestimmungen vor, die eine von Janssen [1]), welcher den auch von Cailletet und Mathias [2]) bei ihren Untersuchungen über die Dichte verflüssigter Gase angenommenen Wert $\Theta = 36{,}4$ ergiebt, und eine zweite von Dewar [3]), welcher $\Theta = 35{,}4$ beobachtet hat.

Setzt man in die obige Gleichung für das Molekulargewicht M der Reihe nach die in der vorigen Tabelle enthaltenen Werte für Dichte, Siedetemperatur und Oberflächenspannung ein, so erhält man, je nachdem man $\Theta = 35{,}4$ oder $\Theta = 36{,}4$ setzt, folgende Werte des Molekulargewichts für das verflüssigte Stickstoffoxydul:

Für die kritische Temperatur

$\Theta = 35{,}4$	$\Theta = 36{,}4$
$M =$ 43,26	43,79
42,84	43,35
43,68	44,21
Im Mitt. **43,26**	**43,78**

Vereinigt man die beiden Werte zu einem Hauptmittel **43,52**, so erhält man für das Molekulargewicht des verflüssigten Stickstoffoxyduls einen Wert, der ausserordentlich gut mit dem des gasförmigen, nämlich 44,08, übereinstimmt.

Die Abweichung fällt innerhalb der Genauigkeitsgrenzen unserer Kenntnis der kritischen und Siedetemperatur. Wir können demnach aus den mitgeteilten Versuchen schliessen, dass Stickstoffoxydul, ebenso wie schweflige Säure und Ammoniak [4]), im gasförmigen und im flüssigen Zustande dasselbe Molekulargewicht besitzen. [5])

1) W. J. Janssen, Inaugural-Dissertation, Leiden 1877; Rep. Brit. Assoc. S. 211, 1876; vergl. auch F. Roth, Wied. Ann. **11**, 1 u. 29, 1881.

2) L. Cailletet u. E. Mathias, l. c.

3) J. Dewar, Phil. Mag. (5) **18**, 210, 1884.

4) L. Grunmach, Sitzungsber. d. Berl. Akad. 837, 1900.

5) Auf Veranlassung von Herrn van der Waals hat bereits im Jahre 1895 Herr J. Verschaffelt Messungen kapillarer Steighöhen von flüssigem Stickstoffoxydul innerhalb des Temperaturintervalls +4,4 bis —20,0^0 C. angestellt, aus denen hervorgeht, dass die Eötvössche Konstante innerhalb dieses Intervalls den Wert 2,198 hat. (Comm. from the Phys. Labor. Leiden **18**, 12, 1895.)

A. Wehnelt (Erlangen), Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden und damit zusammenhängende Erscheinungen.[1])

In einer Abhandlung gleicher Überschrift in Band **14**, S. 425—468 der Annalen der Physik (1904) habe ich eine Reihe von Versuchen und Messungen mitgeteilt, welche ergaben, dass einige Metalloxyde und zwar besonders die Oxyde der Erdalkalimetalle im glühenden Zustande sowohl bei Atmosphärendruck als auch im Vakuum zahlreiche negative Ionen (Elektronen) aussenden.

In innigem Zusammenhange mit dieser Eigenschaft steht die des weiteren von mir gefundene Thatsache, dass der Kathodenfall der Glimmentladung an glühenden Oxydkathoden selbst bei den tiefsten Drucken völlig verschwindet, vorausgesetzt, dass die Stromdichte (Stromstärke pro cm^2 glühender Oxydoberfläche) unterhalb eines von der Temperatur abhängigen und mit dieser wachsenden Wertes bleibt. Diejenige Stromdichte, bei der sich ein Kathodenfall zu zeigen beginnt, habe ich Grenzstromdichte genannt. Sie erreicht bei hoher Weissglut der Oxyde Werte bis zu 3 Ampère.

Ich möchte Ihnen heute zuerst einige Versuche vorführen, welche das oben Gesagte erläutern und Ihnen dann eine praktische Anwendung glühender Oxydkathoden zeigen.

Aussendung negativer Ionen durch glühende Metalloxyde. Ein mässig weit evakuiertes Glasrohr *R* (Fig. 1) enthält einen

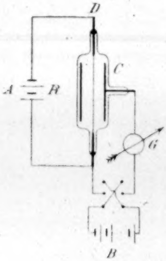


Fig. 1.

Messingcylinder *C*, in dessen Achse sich ein mit *CaO* überzogener dünner Platindraht *D* befindet. Der Draht kann durch den Strom zweier Akkumulatoren *A* auf hohe Temperaturen erhitzt werden. Verbinde ich den Draht *D* mit dem einen Pol, den Cylinder *C* über ein Galvanometer *G* mit dem anderen Pole einer Stromquelle *B*, so fliesst nur dann ein Strom durch das Rohr, wenn *D* mit dem negativen Pol von *B* verbunden ist. Der Versuch zeigt also, dass nur negative Ionen vom glühenden Oxyde ausgesandt werden.

Nehme ich ein sonst völlig gleiches Rohr, welches aber einen sorgfältig gereinigten Platindraht enthält und erhitze diesen auf die gleiche Temperatur, wie vorher den mit *CaO* überzogenen Draht, so ist der Strom bei gleich grosser negativer Ladung des Drahtes nur ausserordentlich schwach und zwar nur circa $^1/_{1000}$ desjenigen bei dem vorigen Versuche.

Glühende Metalloxyde als Kathoden in Entladungsröhren. Das Rohr *R* (Fig. 2) enthält als Kathode *K* ein mit *CaO* überzogenes Platinblech *P*, welches elektrisch geglüht werden kann, als Anode einen Eisendraht *A*. Die mehrere cm^2 betragende Oberfläche der glühenden Metalloxydkathode gestattet beträchtliche Stromstärken, selbst bei tiefen Drucken, durch das Rohr zu senden, ohne dass ein Kathodenfall

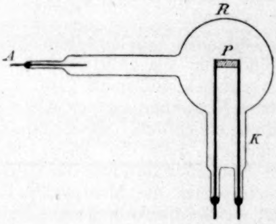


Fig. 2.

vorhanden ist. Da der Anodenfall konstant ca. 20 Volt beträgt und das Gefälle auf der positiven Säule bei starken Strömen und niederen Drucken, wie besondere Messungen ergeben haben, nur 1 bis 2 Volt pro cm beträgt, so kann ich unter Anwendung der Lichtleitung von 220 Volt Spannung durch das Rohr Fig. 2 Ströme von mehreren Ampère Stärke senden. Die glühenden Oxydkathoden geben uns somit ein Mittel an die Hand, die Vorgänge auf der positiven Säule in beliebigen Gasen bei beliebig tiefen Drucken bis zu sehr hohen Stromstärken zu untersuchen. Die ausserordentliche Helligkeit der positiven Schichten bei hohen Stromstärken verspricht der spektralanalytischen Untersuchung von Gasspektren dienlich zu werden. Quarzfenster am Rohr würden auch den ultravioletten Teil des Lichtes der Schichten der Untersuchung zugänglich machen.

Weiche Kathodenstrahlen. Überschreitet man die Grenzstromdichte, sei es durch Vergrösserung der Stromstärke oder durch Verringerung der Temperatur der glühenden Oxydkathode, so kann man dem Kathodenfall jeden beliebigen Wert erteilen, also Kathodenstrahlen von jeder beliebigen Geschwindigkeit erzeugen.

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept. Ausführliche Litteraturangaben befinden sich Annalen der Physik **14**, 425—468, 1904.

Das Rohr Fig. 3 enthält als Kathode *K* ein kleines Platinblech *P*, auf dem sich ein kleiner

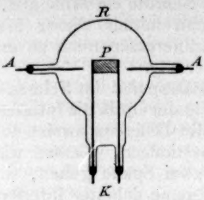


Fig. 3.

Fleck von Calciumoxyd befindet. Als Anode dient ein Messingstab *A*. Glüht man das Blech *P* elektrisch und verbindet die Elektroden *A* und *K* unter Zwischenschaltung eines passenden Widerstandes mit der Lichtleitung von 220 Volt Spannung, so geht der gesamte Strom nur durch den Calciumoxydfleck auf dem Kathodenblech *F*, da hier der Kathodenfall weit niedriger ist als am blanken Platinblech, wobei ein dünnes intensiv blaues Kathodenstrahlenbündel von dem Fleck ausgeht. Durch Änderung der Temperatur des Platinbleches kann man dann den Kathodenstrahlen jede beliebige Geschwindigkeit erteilen, die dann nach bekannten Methoden gemessen werden kann.

Verwendung von Entladungsröhren mit glühenden Metalloxydkathoden in der Praxis. Rückt man in einem evakuierten Entladungsrohr *R* (Fig. 4)[1]) eine oder mehrere

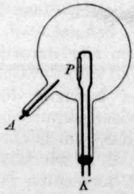


Fig. 4.

metallische Elektroden *A* nahe an die glühende Metalloxydelektrode *K* (Platinblech *P* mit *CaO* überzogen), so beträgt das Entladungspotential, wenn *A* Anode und *K* Kathode ist, nur circa 20 Volt. Kehrt man die Stromrichtung um, so dass jetzt *A* Kathode und *K* Anode ist, so beträgt das Entladungspotential jetzt einige Tausend Volt, da bei tiefen Drucken der Kathodenfall an Metallen ausserordentlich hohe Werte annimmt. Verbindet man daher die Elektroden *A* und *K* mit einer Wechselstromquelle, deren Spannung unterhalb des Wertes liegt, den der Kathodenfall an der Metallelektrode *A* besitzt, so wirkt das Rohr als elektrisches Ventil, indem es von dem Wechselstrom nur eine Phase hindurchlässt. Das Rohr Fig. 4 kann also dazu dienen, Wechselstrom in pulsierenden Gleichstrom zu verwandeln.

1) Die Kathode *K* ist um 90° gegen die Bildebene gedreht zu denken.

Die maximal durch das Rohr (Ventilrohr) zu sendende Stromstärke hängt, wie aus dem oben Gesagten folgt, von der Grösse der glühenden Oxydoberfläche ab. Der Nutzeffekt der Ventilröhre hängt von der angewandten Betriebsspannung ab und wächst mit dieser, da das Rohr bis zur stärkst zulässigen Stromstärke ganz unabhängig von dieser immer nur 20 Volt Spannung absorbiert. Bei Anwendung einer Betriebsspannung von 120 Volt Wechselstrom betrug unter Berücksichtigung des Wattverbrauches zur Erhitzung der Metalloxydkathode der Nutzeffekt des Ventilrohres circa 65 Proz.

Durch Anwendung der bekannten Grätzschen Schaltungen kann man beide Phasen des Wechselstromes ausnutzen. Durch Anwendung von drei Metallanoden kann man wie beim Hewittumformer auch Drehstrom in pulsierenden Gleichstrom verwandeln.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Stark (Göttingen): Ich möchte an den Herrn Vortragenden die Frage richten, ob der praktischen Anwendung des von ihm vorgeschlagenen Transformators nicht daraus Schwierigkeiten erwachsen, dass die erhitzten als Kathode dienenden Oxyde bei Dauerbetrieb allmählich reduziert werden.

Wehnelt: Eine Reduktion der Oxyde tritt stets ein, wenn Dämpfe organischer Verbindungen (z. B. Fettdämpfe) vorhanden sind, die durch die Entladung zersetzt werden und mit dem Metalloxyd dann Carbide bilden. Vermeidet man bei der Zusammensetzung des Rohres jede derartige Verunreinigung, so tritt auch bei Röhren, die von der Pumpe abgeschmolzen sind, keine Reduktion der Oxyde ein.

Voller (Hamburg): Zur praktischen Verwendung möchte ich mitteilen, dass man, wie es Walter in Hamburg gemacht hat, eine Unterdrückung der einen Phase eines durch Wechselstrom erzeugten Induktoriumstromes auch durch die Ventilwirkung einer Funkenstrecke zwischen Spitze und Platte sicher erreichen kann. Eine Röntgenröhre kann man dann mit Wechselstrom sehr schön betreiben.

Wehnelt: Dann habe ich mich wohl nicht ganz klar ausgedrückt. Das Ventilrohr wird nicht in den Hochspannungskreis geschaltet, sondern in den primären Kreis, wo bei der niedrigen Spannung sich keine Funkenstrecke befinden kann.

Voller: Die von mir erwähnte Funkenstrecke liegt natürlich im Hochspannungskreise.

Otto Lummer (Berlin), Auflösung feinster Spektrallinien.[1][2]

Nach einer Einleitung über die Gesetze der schwarzen Strahlung und ihre Anwendung auf die Messung hoher Temperaturen spricht der Vortragende kurz über den Prozess des Leuchtens der Gase und Dämpfe. Wenn die Untersuchungen über die Temperaturstrahlung unter anderem das Ziel verfolgten, die Energieverteilung im Spektrum für den gesamten Wellenlängenbereich festzustellen, so ist es ein Ziel der Untersuchung des Leuchtens der Gase und Dämpfe, die Energieverteilung der einzelnen Spektrallinien, welche jede für sich ein kleines Spektrum darstellen, aufzufinden. Um diese Aufgabe zu fördern, müssen die bisherigen spektralanalytischen Hilfsmittel verfeinert werden. Unter dem Hinweis darauf, dass besonders die Interferenzen hohen Gangunterschieds berufen erscheinen, hier weitere Fortschritte erzielen zu lassen, führt dann Verf. etwa folgendes aus:

Auf der Naturforscher-Versammlung in Hamburg hatte ich schon das Prinzip des Interferenz-Spektroskops erörtert. 3, 172 od. 1901, 219. Damals war der Apparat noch ein neugeborenes Kind, jetzt ist er schon ein stattlicher Junge geworden, dank der Mitarbeit des Herrn Gehrcke. Auch die wenigen Trabanten der Quecksilberlinien, welche damals bekannt waren, haben sich inzwischen zu einer stattlichen Zahl ausgewachsen, und wir hoffen, noch mehr Resultate in Zukunft zu gewinnen.

Zunächst will ich, um Ihnen das Prinzip des Apparats in Kürze klar zu machen, folgendes Bild gebrauchen: Es sei die Aufgabe gestellt, die Schrittdifferenz zweier Personen zu bestimmen. Um diese Aufgabe zu lösen, haben wir nur die Schritte der beiden zu messen und die Differenz davon zu nehmen. Soll das aber bis auf ein Milliontel genau gemacht werden und unterscheiden sich die Schrittlängen nur sehr wenig voneinander, so ist die Sache nicht so einfach. Ich kann nun z. B. so verfahren, dass ich vom gleichen Moment aus beide Personen nebeneinander marschieren lasse, etwa im Schnee, wo die Fussspuren zu sehen sind. Nach m Schritten möge dann die Fussspur des einen in der Mitte zwischen den Fussspuren des anderen liegen. Diese Position bezeichne ich als eine Dissonanz. Dann kommt nach $2m$ Schritten, wo die Fussspuren sich decken, eine Konsonanz, also der eine hat einen Schritt mehr gemacht als der andere. Tritt dieser Vorgang erst nach Million Schritten ein, so ist die Differenz der einzelnen Schritte ein Milliontel. Sie sehen also, dass man mittels dieser Methode sehr kleine Schrittdifferenzen noch zu erkennen und zu messen vermag.

Was die Fussspuren im Schnee sind, repräsentieren nun in der Optik die Interferenzsysteme. Wir wollen die Differenz zweier Wellenlängen, λ und λ_1, bestimmen. Lassen wir dann das Licht durch zwei Spalte gehen, so bekommen wir in dem Raume dahinter Interferenzsysteme. Die Intensitätsmaxima der Systeme sind die Fussspuren, und die Anzahl der Interferenzen ist die Anzahl der Schritte. Aber die Interferenzen von λ und λ_1 überlagern sich, und es kann vorkommen, dass nicht die einzelnen Systeme zu sehen sind, sondern nur eine allgemeine Helligkeit; das tritt z. B. im Falle der Dissonanz beider Wellen ein, wenn der Intensitätsabfall der Interferenzerscheinung vom Maximum zum Minimum ein sinusförmiger ist. — Wir schliessen somit, dass unser Interferenzapparat zwei Bedingungen zu erfüllen hat, 1. er muss eine grosse Anzahl von Interferenz-Maximis entstehen lassen, und 2. muss der Intensitätsabfall so steil sein, dass wir die einzelnen Systeme voneinander trennen können.

Die Interferenzerscheinung, welche den gestellten Bedingungen genügt, ist die einfachste, welche es giebt, nämlich diejenige, welche man erhält, wenn man Licht an einer planparallelen Platte reflektieren lässt. Bereits in meiner Doktordissertation habe ich diese Interferenzen (zu andern Zwecken) benutzt.

Ich kann Ihnen hier derartige Interferenzen demonstrieren, und zwar sowohl bei senkrechter wie bei schräger Inzidenz des Lichts auf die Platte. Die Auflösungskraft unserer Platte von 20 cm Länge und 0,5 cm Dicke ist rund $^1/_{400\,000}$ der Wellenlänge, d. h. wir können damit noch den 400sten Teil der beiden *D*-Linien auflösen. Da ein Prisma von 1 cm Basisdicke gerade die *D*-Linien auflöst, so müsste man also 400 solcher Prismen anwenden, um die gleiche Leistung zu erzielen. Ich verweise im einzelnen auf unsere Veröffentlichungen in den Annalen der Physik und den Abhandlungen der Reichsanstalt.

Der Preis dieser Platte, welche aus der Werkstätte von Zeiss stammt, beträgt 1000 M. Eine grössere Platte zu schleifen, selbst wenn ein deutscher Carnegie das Geld dazu geben wollte, könnte die deutsche Technik wohl kaum jetzt leisten. Unsere Platte ist nur gleich dick bis auf $^1/_4$ der Wellenlänge. Um allen theoretischen Anforderungen zu genügen, sollte sie eigentlich viel besser sein, immerhin leistet sie aber trotz ihrer Fehler recht viel. Diese Abweichungen von der idealen Planparallelität spielen vielleicht mit, wenn nicht alle Einzelheiten in

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept.

2) Wegen plötzlicher Erkrankung war der Verfasser ausserstande, den Vortrag für die Drucklegung zu bearbeiten und durchzusehen. An seiner Stelle habe ich deshalb die Durchsicht besorgt. Eine genaue Wiedergabe des Vortrags war auf Grund der vorhandenen Unterlagen nicht möglich.

E. Gehrcke.

unserm Interferenzbild, die wir sehen, reell sind. Aber wenn behauptet worden ist, dass alles, was wir sehen, „Geister" sind, so können wir uns auf Grund unserer Beobachtungen dieser Meinung nicht anschliessen.[1])

Ausser den Quecksilberlinien haben wir besonders auch Kadmiumlinien untersucht in einer Aronsschen Quecksilberlampe aus Quarzglas, welche Kadmiumamalgam enthielt. Auch die rote Linie ist, wie sich zeigte, nicht homogen und besitzt einen unsymmetrischen Abfall im Bau ihres Spektrums.

Wie kürzlich beobachtet wurde, erleidet die Struktur der Spektrallinien eines leuchtenden Gases eine Änderung, wenn wir das Leuchten statt auf die gewöhnliche Weise mittels Hertzscher Wellen erregen; bei Argon, Helium, Natrium, Quecksilber und Wasserstoff zeigte sich eine deutliche Veränderung der Energieverteilung, wenn von der einen Art der Erregung zu der anderen übergegangen wurde.

Wir wollen noch keine Schlüsse ziehen, sondern nur andeuten, dass diese Vorgänge von neuem zeigen, dass die Erregung einer solchen Gasstrahlung auf Elektronenvorgängen beruht und wenig mit Temperaturstrahlung zu thun hat, und dass Schlüsse, die man aus der Intensität der Spektrallinien auf die Temperatur gezogen hat, doch zum mindesten sehr verfrüht sind. Lockyer z. B. macht daraus Schlüsse auf die Temperatur der Sterne. Wir kennen von ihnen das Spektrum, und darnach sind die Sterne eingeteilt. Damit ist es aber auch genug. Nur wenn wir wissen würden, wie das Licht der Sterne zustande kommt, könnten wir Schlüsse auf ihre Temperatur ziehen. Was wir heute gut kennen, ist allein die schwarze Strahlung, sie ist quantitativ bestimmt; bei den anderen Strahlungen, Strahlungen von Dämpfen und Gasen, müssen noch die Mechanismen der Strahlung näher untersucht werden, und für diese Untersuchungen scheint mir die Interferenzspektroskopie, speziell unser Interferenzspektroskop, vielversprechend zu sein.

1) Vgl. unsere Kontroverse mit Perot u. Fabri, Journal de Physique, Januar und Mai 1904.

W. Schmidt (Giessen), Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen.[1])

Mit dem hier stehenden Apparat wird in erster Linie der Zweck verfolgt, den Vorgang der Reflexion eines Wellenzuges zu veranschaulichen. Denn die Reflexion eines selbst mit mässiger Geschwindigkeit fortschreitenden Wellenzuges, z. B. einer Seilwelle am festen Ende, geht doch noch so schnell vor sich, dass man die einzelnen Stadien der Bewegung ohne besondere Hilfsmittel nicht verfolgen kann.

Die aus der Übereinanderlagerung zweier in gleicher Richtung fortschreitender Wellen entstehende Wellenform kann man sich verhältnismässig einfach durch Zeichnung oder die Apparate von Pfaundler, Grimsehl u. a. klar machen. Um das Zustandekommen stehender Wellen aus der Übereinanderlagerung zweier in entgegengesetzter Richtung fortschreitender Wellen zu zeigen, gebraucht man gewöhnlich die von Melde[1]) angegebene Wellentafel. Auf

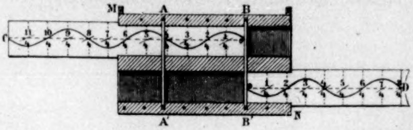


Fig. 1.

einer Grundplatte können parallel zueinander zwischen Leisten 2 Pappstreifen verschoben werden, der eine nach links, der andere nach rechts. Auf den Streifen sind z. B. Sinuslinien gezeichnet. Man erhält die für eine bestimmte Zeit geltende Wellenform, indem man die Ordinaten der übereinander befindlichen Wellen addiert und auf die Wandtafel aufzeichnet. Dann verschiebt man die Streifen in entgegengesetzter Richtung um ein gleiches Stück und konstruiert ebenfalls wieder die resultierende Welle. So fährt man fort, bis man den ganzen Verlauf der Welle dargestellt hat.

Natürlich ist das ziemlich mühsam und giebt doch noch kein gutes Bild der Bewegung, da man eben nur immer eine Anzahl zeitlich getrennter Momente betrachten kann. Eine kontinuierliche Bewegung würde man erhalten, erstens: durch eine mechanische Vorrichtung zum gleichmässigen Verschieben der Leisten, und zweitens: durch eine selbstthätige Addition der Wellenordinaten. — Die gleichmässige Verschiebung in entgegengesetzter Richtung ist sehr leicht durch ein Zahnrad mit zwei Triebstangen zu erreichen. — Auf die Vorrichtung zur selbstthätigen Addition der Ordinaten muss ich etwas ausführlicher eingehen. — Eine gespannte Stahlspirale trägt in ihrer Mitte die Kugel C und ist in den Punkten A und B befestigt, die in Richtung der Spiralachse AB nach oben und unten bewegt werden können. Wird A um ein bestimmtes Stück d verschoben, so geht C um $d/2$ im gleichen Sinne mit. Dasselbe tritt ein, wenn B bewegt wird. Wird A und B um gleichviel nach oben bewegt, so geht die Kugel um dasselbe Stück mit, dagegen bleibt sie

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. September.

1) Vgl. z. B.: Müller-Pouillets Lehrbuch d. Physik, 9. Aufl., S. 665, Braunschweig 1886.

stehen, wenn A und B um das gleiche Stück nach verschiedenen Seiten bewegt werden. Die Verschiebung von C ist immer das arithmetische Mittel der Verschiebungen von A und B. Bei unserem Apparat nun liegen 21 Stahlspiralen nebeneinander. Ihre Endpunkte werden gezwungen, sich der jeweiligen Form einer oberen, bezw. einer unteren Wellenlinie anzupassen. Die roten Kugeln in der Mitte geben uns ein Bild der resultierenden Wellenform. — Dass wir übrigens nur die halbe, nicht die ganze Summe der Einzelverschiebungen bekommen, macht nichts aus, da bloss das Verhältnis der resultierenden Ordinaten zueinander von Bedeutung ist. Übrigens

Fig. 2.

hätte es sich durch andere mechanische Vorrichtungen erreichen lassen, dass die mittlere Kugel um dasselbe Stück wie die Endpunkte vorwärts rückt. Ich habe jedoch diese Federkonstruktion angewandt, weil sich auf diese Weise am besten veranschaulichen lässt, wie 2 auf einen Punkt wirkende Kräfte — denn durch die elastischen Federn werden ja Spannkräfte auf die Kugeln ausgeübt — sich summieren.

Die geradlinige Führung von A und B geschieht durch ⊐förmig gebogene Aluminiumbleche, die längs Stahldrähten verschiebbar

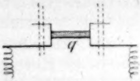


Fig. 3.

sind. Jedes Aluminiumblech ist durch die Querstange q mit einem symmetrischen Blech verbunden, das ebenfalls längs eines Stahldrahtes verschiebbar ist und durch eine auf der Rückseite des Apparats befindliche Feder angezogen wird. Auf diese Weise ist erreicht, dass die Führungsbleche nicht einseitig an die Stahldrähte angepresst werden, sondern sich mit ganz geringer Reibung verschieben lassen.

Die Wellenformen sind aus Holzleisten hergestellt und lassen sich auf federnde Stifte der messingnen Triebstangen stecken. Diese sind zwischen Führungen beweglich und lassen sich mit Hilfe von Zahnrad und Kurbel leicht hin- und herschieben.

Zunächst will ich den Vorgang der Reflexion einer Seilwelle am festen Ende zeigen. Das Seil wird durch diese Kugeln bezeichnet; der feste Endpunkt soll mit der äussersten Kugel links zusammenfallen. Nach rechts hin denken wir uns das Seil vorläufig beliebig weit verlängert. Von rechts kommt eine Welle, die sich durch eine einfach gebrochene Linie graphisch darstellen lassen soll, an das feste Ende heran. Solange sie dieses nicht berührt, ist die entstehende Störung ja ohne weiteres verständlich. Kommt nun die Welle an das Ende heran, so wird dieses nur dann in Ruhe

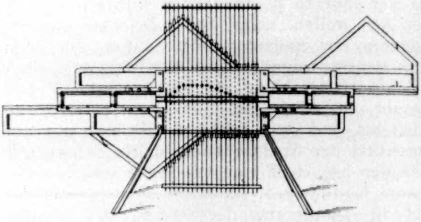


Fig. 4.[1])
Wellenapparat mit Schablone „Reflexion einer Seilwelle am festen Ende."

bleiben können, wenn dem ersten Wellenzug mit derselben Geschwindigkeit ein zweiter entgegenläuft, der so beschaffen ist, dass die Amplituden der ankommenden und reflektierten Welle im Endpunkte jeweilig die Summe 0 bilden. Den zweiten Wellenzug erhalten wir bekanntlich aus dem ersten durch zweimalige Spiegelung, erst an der durch den Endpunkt gehenden Vertikalen, dann an der Horizontalen. Oder mathematisch: Lässt sich der ursprüngliche Wellenzug durch die Funktion

$$F(ct+x)$$

darstellen, wo c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle, t die Zeit und x die Abszisse bedeutet, so wird der reflektierte Wellenzug die Form haben:

$$-F(ct-x).$$

Der reflektierte Wellenzug ist durch die auf dem unteren Trieb befestigte Holzform dargestellt. Dreht man an der Kurbel, so sieht man, wie sich die beiden Wellenzüge überlagern und wie dabei der Endpunkt in Ruhe bleibt, trotz-

1) „Die Spiralfedern (vergl. Fig. 2) sind durch die gestrichelten Linien dargestellt."

dem sich die Befestigungspunkte der letzten Feder auf und ab bewegen.

Ich will jetzt solange an dem Triebrade drehen, bis der Anfangspunkt der unteren Welle an die letzte Kugel rechts herankommt. Soll auch diese für alle Zeiten in Ruhe bleiben, so muss dem untern Wellenzug wieder von rechts her ein zweiter entgegenlaufen, der sein zweimaliges Spiegelbild ist. Dieses Spiegelbild ist nun unserem ursprünglichen Wellenzuge kongruent und gegen denselben um das Doppelte der Entfernung l der beiden Endpunkte verschoben. Mathematisch: Die Funktion $F(ct+x)$ und, weil ja die einmal angefangene Bewegung immer weiter geht, auch die Funktion $F(ct-x)$ muss um $2l=cT$ periodisch sein. T bedeutet die Dauer der Periode.

Da sich nun eine periodische Funktion stets in eine Summe einfacher harmonischer Funktionen, d. h. eine Fouriersche Reihe, entwickeln lässt, so wird durch diese Konstruktion ohne weiteres klar, dass der Grundton einer Saite von der Länge l die Periode $T=2l/c$ haben muss und dass die Wellenlänge der Grundschwingung gleich der doppelten Saitenlänge ist.

Ich will jetzt das Bild der gezupften Saite zeigen. Die Saite soll in einem Punkt, der um ein Drittel der Saitenlänge vom linken Endpunkt absteht, in die Höhe gezogen und dann losgelassen sein. Anfangs haben wir eine einfach gebrochene Linie. Nach Beginn der Bewegung teilt sich der eine Eckpunkt in zwei, der eine läuft nach links, der andere nach rechts, und die Saite nimmt nach und nach all die Formen an, wie sie aus den Lehrbüchern der Theoretischen Physik bekannt sind. (Vgl. z. B. Helmholtz, Vorl. III, p. 116.)

Ich habe hier noch eine Wellenform — die

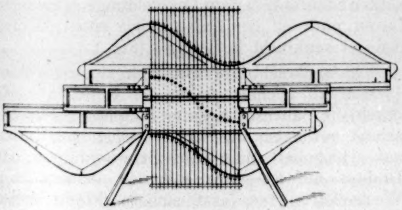


Fig. 5.
Wellenapparat mit Schablone „Grundschwingung (transversal) des inmitten festgeklemmten Stabes".

Schablonen sind kongruente Sinuslinien —, durch die man die Grundschwingung einer beiderseitig offenen Röhre oder eines inmitten festgeklemmten Stabes veranschaulichen kann. Hier sind die Endpunkte Bäuche, der Mittelpunkt ein Knoten der Schwingung.

Aber man kann auch durch eine einfache Vorrichtung die Interferenz zweier in gleicher Richtung fortschreitenden Wellen zeigen. Die obere Holzform wird ohne Trieb in die Führungsleisten geschoben und durch ein Verbindungsstück mit der unteren Holzform, an der sich der Trieb noch befindet, zusammengekoppelt. Die Koppelung kann durch horizontale Löcher in der oberen Wellenform so geschehen, dass wir bestimmte Phasendifferenzen der beiden Wellenzüge haben. Bei Phasendifferenz von einer halben Wellenlänge bleiben trotz Bewegung des Triebrades die Kugeln stets in Ruhe, bei Phasendifferenz von einer viertel Wellenlänge resultiert ein Wellenzug, dessen Nullpunkt gegen den Nullpunkt der erzeugenden Wellen verschoben und dessen Amplitude kleiner als die Amplitude der erzeugenden Wellen ist. Bei Phasendifferenz 0 ist der Nullpunkt nicht verschoben und die Amplitude gerade so gross wie bei den erzeugenden Wellen.

Schliesslich lässt sich noch mit diesem Apparat die Übereinanderlagerung zweier Sinuslinien von verschiedener Periode zeigen. Oben schiebt man z. B. eine Wellenform von der Halbwellenlänge $\lambda/2=30$ cm und der Amplitude $A=16$ cm ein; unten eine Wellenform von halber Periode und $1/3$ Amplitude ein. Je nach dem Phasenunterschied bekommt man verschiedene Bilder. — Nimmt man unten eine Wellenform von $1/3$ Periode und $1/9$ Amplitude der oben befindlichen, so resultiert eine Kurve, die sich einmal der Form der in der Mitte gezupften Saite, das anderemal einem Halbkreis nähert.

Zum Schluss möchte ich bemerken, dass bereits im Jahre 1857 ein Thüringer Orgelbauer Schulze einen Apparat konstruiert hat, mit dem man ebenfalls durch die gegenseitige Verschiebung zweier Holzleisten stehende Wellen erzeugen konnte. Freilich ist aus der Abbildung in Pogg. Ann. C, Taf. VII nicht zu ersehen, wie der Mechanismus beschaffen war. Eine Anfrage bei der Firma Ernecke-Berlin, in deren älteren Katalogen der Schulzesche Wellenapparat geführt wurde, brachte mir ebenfalls nicht die gewünschte Auskunft; denn der Apparat ist von Ernecke niemals ausgeführt worden.

Der hier beschriebene Apparat wird in ähnlicher Ausführung durch den Mechaniker W. Schmidt[1]) in Giessen zum Preise von 120 M. angefertigt.

1) Nicht identisch mit dem Verfasser.

H. Th. Simon (Göttingen), Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompassstellung. [1])

Die Methode stützt sich auf die in der Optik geläufige Thatsache, dass zwei cirkular polarisierte Vektorfelder (Drehfelder), die man mit entgegengesetzter Drehrichtung bei gleicher Amplitude übereinander lagert, sich zu einem linear polarisierten Vektorfelde zusammensetzen, dessen Azimut nur von der Phasendifferenz der Drehfelder bestimmt wird.

Lagert man also zwei magnetische Drehfelder in dieser Weise übereinander, so erhält man ein magnetisches Wechselfeld von einem Schwingungsazimut, welches die halbe Differenz der Phasen beider Drehfelder misst. Die Figur 1

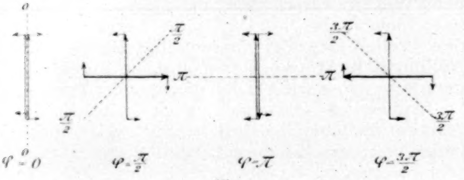


Fig. 1.

macht dieses Verhalten anschaulich. Die beiden Drehfelder werden durch die Rotation der Pfeile, das Azimut des resultierenden Wechselfeldes durch die gestrichelte Linie angedeutet. $\varphi =$ Phasendifferenz.

Fig. 2 ist das sich ergebende Phasenzifferblatt. Während also die Phasendifferenz sich um 2π ändert, durchwandert das Azimut des resultierenden Wechselfeldes einen Winkel π.

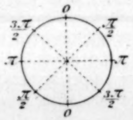


Fig. 2.

Dieses Verhalten lässt sich elegant mit Hilfe der Braunschen Röhre und z. B. zweier Dreiphasenströme demonstrieren. Zwei gekoppelte kleine Dreiphasengeneratoren liefern mit je 3 um 120^0 verschobenen Spulen eines Eisenringes verbunden die beiden Drehfelder. Jedes einzelne Drehfeld bewegt das Kathodenstrahlbündel im Kreise herum und erzeugt statt des Flecks einen Fluoreszenzkreis. Übereinandergelagert geben die beiden Felder eine Fluoreszenzlinie, deren Azimut sich ändert, sobald die Phase der beiden Drehströme geändert wird. Das kann z. B. durch Verdrehung der Koppelung der beiden Maschinenanker geschehen. Ist, wie bei der Demonstration, die Koppelungswelle biegsam, so lassen sich Torsionsschwingungen der Welle durch die Schwingungen der Phasenlinie beobachten. Auch durch Drehung des Feldmagneten der einen Maschine verändert man die Phase.

Was so für dreiphasige Drehfelder gilt, gilt für jede anderen. Die Herkunft ist ganz gleichgültig, z. B. kann man das eine Drehfeld durch den Strom, das andere durch die Spannung eines gewöhnlichen Wechselstroms erzeugen. Das geschieht nach den bei den Ferrariswechselstrominstrumenten vielfach verwendeten Prinzipien, indem man den betreffenden Strom in zwei um $\frac{\pi}{2}$ gegeneinander verschobene Komponenten zerlegt.

Der Vorteil der beschriebenen Methode ist vor allem der, dass sie von der Frequenz völlig unabhängig ist und jede Phasendifferenz zwischen 0 und 2π misst. Beides ist bei den in der elektrotechnischen Praxis gebräuchlichen Phasenmessern nicht der Fall.

Im übrigen lässt sie sich ebenso auch für elektrostatische Felder nutzbar machen und etwa zur Phasenmessung elektrischer Schwingungen verwenden. Strom und Spannung einer solchen haben eine Phasendifferenz von $\frac{\pi}{2}$. Unter Benutzung der elektrostatischen und magnetischen Ablenkung gleichzeitig erhält man also wieder eine Kreisbewegung des Fluoreszenzfleckes.

Einer Anwendung des Prinzips zur Konstruktion von direkt zeigenden Phasenmessern für die Praxis steht nichts im Wege. Die Kathodenstrahlröhre ist hier natürlich nicht geeignet. Es lassen sich indes manche andere Wege angeben, die zum Ziele führen, z. B. habe ich als Phasenindikator ein Stück einer magnetisierten Stahlsaite in dem Drehfeldringe schwingen lassen und auf der freien Spitze einen kleinen Spiegel senkrecht befestigt. (Fig. 3.)

Ein senkrecht auf den Spiegel geworfener Lichtstrahl zeichnet nach der Reflexion das durch die Saitenschwingung festgelegte Phasenazimut auf einem mit Skala versehenen Schirme auf. Reguliert man die Schwingungen des Drahtes auf Resonanz mit dem verwendeten Wechselstrom, so lässt sich in dieser Weise eine beträchtliche Empfindlichkeit erzielen. Diese und andere Ausführungen, die ich durchprobiert habe, möchte ich nicht demonstrieren, weil sie prinzipiell nichts Neues zeigen und technisch noch nicht genügend durchgearbeitet sind. Schwierigkeiten ergeben sich nur, wenn man zu ganz hohen Empfindlichkeiten kommen will, von der Grössenordnung eines Galvanometers, wie sie zu einer gleich zu besprechenden Anwendung erforderlich sind. Indessen habe ich

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept.

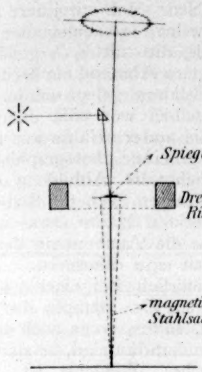


Fig. 3.

mich überzeugt, dass dieselben nicht unüberwindlich sind.

Eine Konstruktion nur möchte ich anführen, weil sie zugleich die Übertragung des Prinzips auf das Gebiet der Mechanik enthält. Denkt man sich jedes der Drehfelder zum Betriebe eines Synchronmotors verwendet, die sich also entgegengesetzt drehen, und verbindet mit der Achse jedes der Motoren eine Scheibe mit je einem Sektorenschlitz, so wird ein parallel der Rotationsachse auftreffendes Lichtbündel auf einem Schirme das Phasenazimut als Lichtlinie markieren. Denn immer auf der Phasenlinie gehen die beiden Schlitze übereinander weg und lassen den Lichtstrahl hindurchtreten. Lässt man die beiden Scheiben dicht voreinander und zusammen vor einem festen Phasenziffernblatt rotieren, so ist von demselben stets nur der betreffende Teilstrich sichtbar, der die Phase angiebt. Auch diese mechanischen Durchführungen haben technisches Interesse. Sie lassen sich zu Messinstrumenten z. B. der Ungleichförmigkeit von Motoren ausbilden. Würde man mit der Achse des zu beobachtenden Motors mittels einer elastischen Koppelung ein Schwungrad von grossem Trägheitsmoment und kleiner Reibung antreiben, dann die eine Sektorenscheibe des oben beschriebenen Apparates von diesem Schwungrade, die andere von der Maschinenwelle antreiben lassen, so würde unser Phasenmesser die Ungleichförmigkeit des Motors anzeigen und eventuell registrieren. In ähnlicher Weise liessen sich die Torsionsschwingungen, die etwa Schiffswellen machen, an einem beliebig fernen Orte, z. B. auf der Kommandobrücke, dauernd sichtbar und kontrollierbar machen.

Ich möchte nun noch diejenige Anwendung des Prinzips erläutern, die mir am wichtigsten zu sein scheint, nämlich die Anwendung zur Fernübertragung der Kompassstellung, d. h. der Richtung des horizontalen Erdfeldes. Diese Anwendung ist mit wenigen Worten erläutert. Die beiden gekoppelten Drehstromgeneratoren müssen mit ihren Achsen senkrecht stehen. Als erregendes Feld für den einen wird das horizontale Erdfeld benutzt, d. h. der eine Generator ist ein mehrphasiger Erdinduktor. Das Feld des einen Generators ist also mit dem Schiffe fest verbunden, das des anderen steht im Raume unveränderlich fest. Sind die beiden Anker festgekoppelt, so bestimmt die relative Lage des Schiffes zum magnetischen Meridian die Phasendifferenz der beiden Drehfelder, unser Phasenmesser zeigt also die Richtung des Erdfeldes an, und zwar an einem beliebig fernen Orte. —

Es ist bekannt, dass dieses Problem im Zeitalter der eisernen Schiffe eine grosse Bedeutung hat. Wie ich während meiner Versuche erfuhr, hat Herr L. Weber in Berlin vor einer Reihe von Jahren zuerst den Vorschlag gemacht, die Phase eines im horizontalen Erdfelde durch Rotation eines Erdinduktors erzeugten Wechselstromes zur Fernübertragung der Kompassstellung zu benutzen. Doch sind mir Einzelheiten seines Vorschlags nicht bekannt. Auch hat man nichts vernommen, dass sie zu einer praktischen Durchführung des Problems geführt hätten. Ich habe nach meinen Versuchen Grund anzunehmen, dass durch das hier vorgetragene Prinzip der Phasenmessung das Problem eine einfache und zuverlässige praktische Lösung finden kann.

Max Reinganum (Münster i. W.), Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile.[1])

Bei analog konstituierten Salzen, namentlich bei den Halogenverbindungen der Alkalien und Erdalkalien, verhält sich das Molekularvolumen häufig additiv. Die Zahlen, welche für die Bestandteile anzunehmen sind, ergeben jedoch nicht direkt das Atomvolumen des Elements im festen Zustande, auch nicht bei geeignetster Wahl der zur Verfügung stehenden willkürlichen Konstanten. Es kommt dies daher, dass beim Zusammentritt der Verbindung ausserordentlich grosse Volumverminderungen eintreten, die zum Teil mehr als die Hälfte des ursprünglichen Volumens betragen.

Es zeigt sich jedoch bei geeigneter, sich leicht ergebender Wahl der Konstante, dass das Volumen der Bestandteile im Verhältnis zu ihrem ursprünglichen Volumen um so grösser ist, je grösser das Atomvolumen im Element-

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. September.

zustande war, d. h. die Zahlenwerte, die für die einzelnen Elemente in der Verbindung anzunehmen sind, sind den Quadraten der Atomvolumina im unverbundenen Zustande proportional.

Wird durch M das Molekularvolumen, A_{Me} und A_{Hal} das Atomvolumen des Metalls und des Halogens im Zustande des festen Elements bezeichnet, so ergiebt sich hieraus folgende Formel zur Berechnung des Molekularvolumens:

$$M = k_1 A_{Me}^2 + k_2 A_{Hal}^2.$$

Der Zahlenwert k_1 ist für die Alkalien und Erdalkalien derselbe und ist gleich 0,010 berechnet. Als günstigster Wert für k_2 ergiebt sich 0,052. Bei den Verbindungen der Erdalkalien, bei welchen zwei Atome des Halogens teilnehmen, ist das zweite Glied der Formel doppelt zu setzen. Die beiden Halogenatome beanspruchen also in diesen Verbindungen annähernd denselben Raum. An einer Tabelle, welche alle Verbindungen der Halogene mit den Alkalien und Erdalkalien enthält, deren Dichte bekannt ist, wird gezeigt, dass die Übereinstimmung der Formel mit der Erfahrung angenähert in den Grenzen stattfindet, innerhalb derer das Molekularvolumen additiv ist.

L. Graetz (München), Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds. [1])

Das Wasserstoffsuperoxyd hat, wie schon längere Zeit bekannt ist, die Eigenschaft, auf photographische Platten, die in seiner Nähe sind, in ähnlicher Weise zu wirken wie das Licht. Die Platten werden angeregt und durch gewöhnliche Entwickler lässt sich dann ein Bild hervorrufen. Viele beobachtete Wirkungen von Metallen und gewissen organischen Flüssigkeiten auf die photographische Platte lassen sich auf die Wirkung des H_2O_2 zurückführen. Die Fernwirkung des Wasserstoffsuperoxyds muss als eine Art Strahlung aufgefasst werden, welche aber bisher noch isoliert steht, da sie in manchen Punkten wesentlich von den anderen Strahlungen abweicht. Das erste Argument für diese Behauptung ist die Thatsache, dass, wie schon Russel zeigte, die Wirkung durch eine Anzahl fester und flüssiger Substanzen, Papier, Gelatine, Celluloid, Ebonit u. s. w. hindurchgeht. Noch frappanter ist, dass man, wie ich fand, die Wirkung auch durch dünne Metallschichten, Gold, Silber, Aluminium, hindurch erhielt. Das Lenardsche Aluminium (einmal geschlagenes) ist durchlässig für diese Strahlen. Ich projiziere hier eine Photographie, welche so entstanden ist, dass über eine Schale, die mit H_2O_2 gefüllt war, in einigen Centimetern Abstand ein breitmaschiges Gitter aus Metallstäben gelegt wurde. Über die eine Hälfte desselben war eine dünne Ebonitplatte gelegt, die andere Hälfte war frei. Über das Ganze wurde eine photographische Platte gelegt. Man sieht die Abbildung des Stabgitters und es zeigen sich die Stäbe auf der mit Ebonit bedeckten Hälfte etwas verbreitert, ein Beweis, dass die Ausbreitung der Strahlen durch das Ebonit eine diffuse ist.

Man wird natürlich bei einer solchen Wirkung zunächst an die Dämpfe des H_2O_2 als Ursache denken. Indes, wenn auch die Dämpfe natürlich noch vorhanden sind, so sind sie doch nicht die Ursache. Zunächst ist das H_2O_2 weniger flüchtig als Wasser, man konzentriert in der Technik die verdünnten Lösungen desselben durch Abdampfen des Wassers. Nun ist es ganz leicht, selbst bei siedendem Wasser die Dämpfe durch einen Luftstrom, der gar nicht einmal besonders stark zu sein braucht, 10—15 m pro Sek. Anfangsgeschwindigkeit, so fortzublasen, dass etwa ein darüber gehaltener Spiegel keine Spur erkennen lässt. Bei dem Wasserstoffsuperoxyd von gewöhnlicher Temperatur gelingt es aber nicht, die Wirkung auf die photographische Platte aufzuheben, selbst nicht mit einem Luftstrom von 70 m pro Sek. Anfangsgeschwindigkeit. Man könnte nun vielleicht annehmen, obwohl das nicht die Anschauung der Chemiker ist, eine Lösung von H_2O_2 verhalte sich nicht wie eine Flüssigkeitsmischung, sondern wie die Lösung eines Gases, etwa wie Chlorwasser oder Schwefelwasserstoffwasser. Gerade das letztere eignet sich gut zum Vergleich, weil es dasselbe Molekulargewicht hat. Ich habe nun über eine kalt gesättigte Lösung von Schwefelwasserstoffwasser das feinste Reagens, Bleiacetatpapier gebracht und bei einem Luftstrom von der angegebenen Geschwindigkeit war keine Wirkung auf dieses zu erkennen, während das H_2O_2 in derselben Zeit erhebliche Wirkung auf die Platte ausübte.

Ich übergehe die anderen Möglichkeiten, an die man denken kann, Wasserstoff, Sauerstoff, Hydroxyl, Ozon, welche aber durch besondere Versuche für die Erklärung ausgeschaltet werden. Nur vom Ozon möchte ich bemerken, dass ich keine Wirkung desselben auf die photographische Platte fand, weder wenn es trocken, noch wenn es feucht war. Schenck und Richarz gaben in einer vorläufigen Notiz an, dass sie eine photographische Wirkung desselben gefunden hätten. Meine Versuche bestätigen das nicht und da die Phosphoreszenzerregung des Ozons auf den Zinksulfidschirm eine andere ist, wie bei den radioaktiven Substanzen, auch die elek-

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. September.

trischen Wirkungen anders sind, so scheint mir die von den genannten Autoren aufgestellte Ozontheorie der Radioaktivität auf ziemlich schwachen Füssen zu stehen.

Der frappanteste Unterschied aber, den die Strahlen des Wasserstoffsuperoxyds andern gegenüber zeigen, ist der, dass es mit ihrer Hilfe gelingt, Gegenstände zu photographieren, die gar nicht in dem Weg der Strahlen, also zwischen Strahlungsquelle und photographischer Platte, liegen. Wenn man die Schichtseite einer Platte der Wirkung des H_2O_2 aussetzt und auf die Glasseite Metalle legt, so findet man eine deutliche Abbildung derselben (Demonstration). Die Metalle erscheinen hell auf dunklem Grund. Bringt man Wasser oder andere Flüssigkeiten auf die Glasseite, etwa indem man ein getränktes Papier auf das Glas legt, so erscheinen diese umgekehrt dunkler als die Umgebung. Man kann diese Abbildungen kombinieren. Ich projiziere z. B. hier (Demonstration) eine Platte, deren Glasseite zur Hälfte von einem mit Wasser getränktem Papier belegt ist. Ein hufeisenförmiges Stück Messing liegt mit der Biegung auf der nassen, mit den Füssen auf der trockenen Hälfte des Glases. Man sieht deutlich die bedeckte Hälfte der Platte dunkler als die andere, die Biegung des Hufeisens hell, mit der Umgebung scharf kontrastierend, während die Füsse schwarz sich abbilden. Wenn man verschiedene Metalle direkt auf das Glas oder auf mit Wasser getränktes Papier legt, so findet man zwischen ihnen keine qualitativen Unterschiede. Wendet man aber andere Flüssigkeiten an, so findet man immer diejenigen Metalle bedeutend heller, welche mit der Flüssigkeit chemisch reagieren. Ich zeige z. B. eine Platte (Demonstration), auf deren Glasseite ein Papier mit Kupfervitriol lag. Von den darauf gelegten Metallen, Kupfer, Zink, Blei, Aluminium, Eisen, Messing sieht man das Eisen und das Zink viel heller abgebildet als die anderen.

Diese und viele ähnlichen Erscheinungen beruhen in erster Linie auf Temperaturunterschieden in der Platte. Man kann zunächst zusammenfassend sagen, dass alle Stellen der Platte, welche wärmer sind als die benachbarten, sich hell, alle, welche kälter sind, dunkel abbilden. Diese Wirkung der Temperatur ist eine sehr feine, Unterschiede von $^1/_{50}{}^0$ lassen sich noch durch die Abbildung erkennen. Ich habe auf diese Platte zwei Eisenstücke gebracht, von denen das eine etwa 1^0 höhere, das andere etwa 1^0 tiefere Temperatur als die Umgebung hatte. Das erste sieht man weiss, das zweite schwarz abgebildet (Demonstration). Diese Abhängigkeit der Wirkung von der Temperatur ist sehr merkwürdig, da bei niederer Temperatur der chemische Prozess in der Platte stattfindet, bei höherer nicht, entgegen dem sonst bekannten Temperatureinfluss. Prof. Schaum, der meine Versuche zum Teil wiederholt hat, glaubte einen merkwürdigen Verlauf der Empfindlichkeit konstatieren zu können; während die Platte bei 0^0 fast unempfindlich wäre, solle die Empfindlichkeit bis zu einem Maximum steigen, um dann wieder abzunehmen. Wenn der Autor statt mit zwei Quellen verschiedener Temperatur, einer kalten und einer warmen, zu experimentieren, deren mehrere angewendet hätte, so hätte er einen noch viel kurioseren Verlauf finden können. In der That lässt sich die Erscheinung nicht so auffassen, wie daraus hervorgeht, dass eine Stelle von bestimmter Temperatur sich nach Belieben hell oder dunkel abbilden lässt, nach bestimmten Bedingungen.

Die obige Zusammenfassung erschöpft nämlich die Erscheinungen nicht. Bei näherem Zusehen zeigt sich bei allen Abbildungen noch eine Besonderheit. Wenn ein Metallstück (es darf nicht zu geringe Dimensionen haben) sich hell abbildet, so findet man immer den Rand hell, die Mitte dagegen etwas dunkler und wenn es sich dunkel abbildet, so ist der Rand dunkel, die Mitte dagegen heller. Diese Erscheinung mag Randwirkung genannt werden. Die Ursache dieser Randwirkung ergiebt sich aus Versuchen, von denen die Platte, die ich jetzt projiziere, eine Zusammenfassung giebt (Demonstration). Auf die Glasseite einer Platte, welche circa 21^0 besass, wurden vier Messinggefässe, gefüllt mit Wasser von verschiedener Temperatur, gestellt, und zwar mit Temperaturen von 19^0, 20^0, $20{,}5^0$, $21{,}5^0$. Man sieht, dass die Abbildungen der ersten drei Gefässe eine weisse Mitte und schwarzen Rand besitzen, und dass dieser Rand bei dem Gefäss von 19^0 am grössten und stärksten ist und bei den anderen abnimmt, je näher die Temperatur des Gefässes der des Glases wird. Umgekehrt sieht man bei dem Gefäss von $21{,}5^0$ einen hellen Rand und dunklere Mitte. Dass die Temperatur unter einem solchen Gefäss von der Mitte bis zum Rande die gleiche ist, davon habe ich mich zum Überfluss durch thermoelektrische Messungen überzeugt. Wenn man das Gesetzmässige der Erscheinung herausziehen will, so ergiebt sich folgendes. In dem Glas der Platte findet Wärmeleitung statt, und zwar geht der Wärmestrom bei den drei ersten Gefässen vom Glas zum Gefäss, also von aussen nach innen, bei dem letzten vom Gefäss zum Glas, also von innen nach aussen. Man sieht nun, dass in allen vier Fällen diejenigen Stellen, von denen die Wärme kommt, schwarz sich abbilden, diejenigen, zu denen sie hinströmt, weiss. Es kommt also nicht auf die Temperatur einer Stelle an, sondern auf den Wärmestrom, auf das Temperaturgefälle.

Dies ist das rein empirisch Gesetzmässige

der Erscheinungen. Wenn man nun aber eine Erklärung für diese Gesetzmässigkeit sucht, so erscheint diese schwierig. Es zeigt sich hier ein nichtthermischer Unterschied zwischen den beiden Polen eines Wärmestroms, wie etwa bei der Elektrolyse der Unterschied zwischen den beiden Polen eines elektrischen Stromes. Man erkennt auch nachträglich noch einmal, dass es nicht die Dämpfe des H_2O_2 sein können, welche die Erscheinung bedingen. Denn diese würden sich gerade an den kälteren Teilen in grösserer Menge niederschlagen und dort müsste die grössere Schwärzung stattfinden, während es unter Umständen gerade umgekehrt ist. Wenn man annehmen dürfte, dass Elektronen im Spiele sind, so wäre die Erscheinung nicht unerklärlich, denn bei einem Wärmestrom müsste auch zugleich Elektronenbewegung stattfinden. Indes habe ich elektrische Wirkungen mit den, allerdings nicht bedeutenden Mitteln, die mir zu Gebote standen, nicht nachweisen können. Ich kann daher nur die bisher aufgefundenen Gesetzmässigkeiten Ihnen vorlegen, ohne näher auf die hypothetischen Ursachen einzugehen.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Stecher-Chemnitz: Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass Dr. Stöckert-Chemnitz die Versuche nachgemacht hat, seine Untersuchungen sind in der Naturwissenschaftlichen Rundschau zur Zeit veröffentlicht worden; Stöckert hat das käufliche Wasserstoffsuperoxyd zur Trockne abgedampft, und dabei stets einen harzhaltigen Rückstand erhalten, und dieser Rückstand hat sich ebenfalls als photographisch aktiv erwiesen. Auch harzhaltiges Kienholz kann durch Wasserstoffsuperoxyd ebenso aktiviert werden.

Graetz: Es ist nicht sicher, dass dieser Rückstand etwas anderes ist als Wasserstoffsuperoxyd; denn dieser haftet ausserordentlich fest. Ich bin mit der Schlussfolgerung — ich weiss nicht, ob sie so gezogen ist, — dass da noch eine eigene Substanz darin ist, die die Erscheinung hervorruft, noch nicht einverstanden. Im übrigen freue ich mich, dass Herr Stöckert durch andere Versuchsanordnungen auf dieselben Schlüsse gekommen ist, und dies auch als Strahlenwirkung auffasst.

Aschkinass-Berlin: Bezüglich der von dem Herrn Vortragenden erwähnten Versuche von Richarz und Schenck über eigenartige Wirkungen des Ozons möchte ich bemerken, dass auch ich (zusammen mit Herrn Dr. Ladenburg) bei einwandsfreier Anordnung der Versuche mich vergeblich bemüht habe, solche Ozoneffekte zu erhalten, wie sie von diesen Autoren beschrieben worden sind. Insbesondere war weder Phosphoreszenzerregung noch Elektrizitätsentladung wahrzunehmen, sofern mit sorgfältig getrocknetem Ozon gearbeitet wurde.

Graetz: Ich wollte bemerken, die Phosphoreszenzwirkung habe ich mit feuchtem Ozon erhalten.

Pringsheim (Berlin): Ist die Fortpflanzung dieser Wirkung geradlinig?

Graetz: Ja, aber nur auf sehr kurze Strecken genau.

Krone-Dresden weist auf Beziehungen zu Ostwalds katatypischem Reproduktionsverfahren hin.

Graetz: Meine Versuche haben mit Ostwalds katatypischen Versuchen keinen rechten Zusammenhang. Das Auffallende ist hier die Wirkung von der Rückseite aus.

Stark-Göttingen: Ich möchte an den Herrn Vortragenden die Frage richten, ob sich die geradlinige Ausbreitung dieser Strahlen von Wasserstoffsuperoxyd nicht im Vakuum untersuchen liesse. Man könnte eine Vakuumröhre mit einem Fenster aus Ebonit versehen, in der Röhre die photographische Platte unterbringen und aussen in freier Luft vor das Ebonitfenster das Wasserstoffsuperoxyd stellen. Durch Ebonit geht ja die vermutete Strahlung hindurch und würde dann im Vakuum auf dem Wege bis zur Platte nicht dem vielleicht störenden Einfluss der Luft ausgesetzt sein. Ich möchte fragen, ob der Herr Vortragende diesen Versuch angestellt hat oder ob er ihn für möglich hält.

Graetz: Ich habe es ähnlich versucht. Es ist aber sehr schwierig, weil man Wasserstoffsuperoxyd nur in Lösung aufheben kann; reines Wasserstoffsuperoxyd explodiert.

Ladenburg (Breslau): Wo nimmt der Herr Vortragende den Sitz der Strahlung an, wenn die Körper hinter der Platte sitzen?

Graetz: Die bisherigen Versuche ergeben nur, dass es sich um Wärme handelt. Es wäre gewiss viel interessanter, wenn eine Rückstrahlung oder etwas derartiges stattfände, es sind auch Andeutungen dafür da, aber ich habe solches bis jetzt nicht einwandfrei nachweisen können. Der Sitz der Strahlung ist zunächst natürlich das Wasserstoffsuperoxyd.

Josef Rosenthal (München), Über einige Verbesserungen an Quecksilberluftpumpen Sprengelscher Art.[1]

Ich möchte Ihnen kurz über einige Verbesserungen berichten, welche ich an der Sprengelschen Luftpumpe angebracht habe.

Bekanntlich hat Herr Kahlbaum sich um die Vervollkommnung der Sprengelschen Luftpumpe ausserordentlich grosse Verdienste erworben; ihm ist es zu verdanken, dass die

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. September.

Vorzüge des Sprengelschen Prinzips zur Erzeugung sehr hoher Vakua, in relativ kurzen Zeiträumen, erkannt wurden und solche Pumpen jetzt vielfach da Anwendung finden, wo früher Töplersche benutzt wurden.

In seinen „Glossen zu der selbstthätigen Quecksilberluftpumpe" giebt Herr Kahlbaum u. a. als Resultat langjähriger Erfahrungen an, dass die Schnelligkeit der Wirkungsweise der Sprengelschen Pumpe ganz allein von einem richtigen Abstimmen des Verhältnisses von Zufluss und Ablauf des Quecksilbers abhängt.

Ich habe zunächst diese Bedingungen bei der Donleschen Ausführung der Sprengelpumpe möglichst zu erfüllen gesucht; bekanntlich zeichnet sich die Donlesche Pumpe durch ihre ausserordentliche Einfachheit und dadurch aus, dass sie nur ganz geringe Quecksilbermengen (zwischen 1 und 2 kg) bedarf.

Ich möchte, indem ich auf die Publikation Donles in den Annalen der Physik 1903, Band 10 verweise, nur daran erinnern, dass diese Pumpe im wesentlichen aus dem Sprengelschen Fallrohr mit Quecksilbersammelgefäss, aus den beiden Luftfängen, dem Quecksilberablaufgefäss und dem ingeniösen Donleschen Quecksilberabschluss des Dreiweghahnes besteht, der in äusserst einfacher Weise ermöglicht, den gefetteten Hahn durch Quecksilberverschluss von der Pumpe abzuschliessen, so dass also unschwer die hohes Vakuum besitzenden Teile frei von Fettdämpfen gehalten werden können.

Einen kleinen Nachteil des erwähnten Quecksilberabschlusses hat Herr Glasbläser Ebermayer, der, was mir eine angenehme Pflicht ist, hier zu erwähnen, mich bei der Konstruktion der Pumpe mit grossem Geschick unterstützte, beseitigt, nämlich den, dass man leicht vergisst, das Kölbchen zu drehen, wenn man Luft oder andere Gase in die Pumpe einlassen will; in diesem Falle würde nämlich das Quecksilber in die Pumpe geschleudert werden. Man kann nun durch die gegenseitige Anordnung von Kölbchen und Hahn den letzteren in die betr. Stellung gar nicht drehen, ohne das Kölbchen vorher in die richtige Lage gebracht zu haben.

An einer Donleschen Pumpe habe ich nun im Quecksilberablaufgefäss einen Schwimmer aus Glas angebracht, welcher an seinem unteren Teil den Stempel eines Schliffes besitzt; dieser Stempel ist eingeschliffen in das Ablaufgefäss und hat am oberen Rande einen Vorsprung, derart, dass bei seiner tiefsten Lage ein vollständiges Abschliessen verhindert wird.

Wer, wie dieses häufig der Fall ist, seine Luftpumpe mit einer Wasserstrahlpumpe betreibt, wird die durch einen mehr oder weniger benachbarten Wasserhahn verursachten Schwankungen des Wasserdrucks höchst unangenehm empfunden haben; ich habe unter Verwendung der erwähnten Schwimmervorrichtung die Wirkungsweise der Sprengelpumpe ganz wesentlich konstanter erhalten können, als dieses ohne dieselbe möglich ist, was besonders für die Donlesche Pumpe, bei welcher bekanntlich das Quecksilber im Ablaufgefäss nicht unter Atmosphärendruck steht, sehr wichtig ist.

Je nachdem nun, entsprechend dem jeweiligen Wasserdruck, der Schwimmer höher oder tiefer steht, wird auch das Niveau im Sammelgefäss nicht auf konstanter Höhe stehen. Da es dadurch leicht vorkommen könnte, dass die Lufteinlassöffnung an dem Quecksilber-Hebeapparat verschlossen wird, ausserdem auch die Wirkung des letzteren von der Entfernung der Lufteinlassöffnung vom Quecksilberniveau abhängt, habe ich auch einen kleinen Glasschwimmer im Sammelgefäss angebracht, der an einem spiralförmigen Gummischlauch hängt. Hierdurch ist erreicht, dass die Entfernung der Lufteinlassöffnung vom Quecksilberniveau konstant bleibt.

Einen anderen ausserordentlich grossen Nachteil der früher gebräuchlichen Sprengel-Pumpen, nämlich das Zerspringen der Fallrohre, selbst wenn diese aus ganz dickem Glas hergestellt sind, hat gleichfalls schon Herr Kahlbaum beseitigt, indem er das Fallrohr aus 2 durch einen Schliff vereinigten Teilen macht und in dasselbe an der Auftreffstelle des Quecksilbers ein Stahlrohr einsetzt. Abgesehen davon, dass die immerwährende innige Berührung des Quecksilbers mit dem Stahlrohr wohl nicht günstig für die Reinheit des ersteren sein dürfte, und dass zwischen Stahlrohr und Glas sich leicht geringe Luftmengen ansammeln und bei etwas unregelmässigem Betriebe der Pumpe in den zu evakuierenden Raum gelangen können, hat die Anwendung des Stahlrohres noch einen Nachteil, der von Herrn Kahlbaum selbst angegeben wurde. Da es nämlich nicht zulässig ist, das Stahlrohr lang zu machen oder gar das ganze Fallrohr aus Stahl herzustellen — die Gründe hierfür hat gleichfalls Herr Kahlbaum auseinandergesetzt — so muss jede Pumpe für den mittleren Barometerstand ihres Bestimmungsortes besonders abgestimmt werden und es muss ferner, solange sich im Fallrohr nur noch ganz kleine Luftbläschen zeigen, das Sammelgefäss derart verschoben werden, dass sich die Barometerkuppe innerhalb des Stahlrohres befindet. Ausserdem sagt Herr Kahlbaum: „Bei Dauerbetrieb ist selbstredend darauf zu achten, dass nicht etwa mit sinkendem Luftdruck die Aufschlagstelle innerhalb des Stahlrohres in das Glas hinabgedrückt

wird, weil damit ja der Nutzen des Stahlrohres dahinfallen würde. Deshalb ist es notwendig, während der Dauer eines solchen Versuchs auch den Gang des Barometers zu beobachten, um durch jeweiliges Heben oder Senken des Schlittens die Lage der Aufschlagstelle so zu regulieren, dass sie immer etwa in die Mitte des Stahlrohres fällt."

Ich habe das Zerspringen des Glasrohres nun auf ganz andere Weise vermieden.

Den Grund des Springens des Glasrohres hat auch wieder Herr Kahlbaum richtig erkannt. Er liegt in elektrischen Erscheinungen, die durch die Reibung des Quecksilbers an der Glaswand auftreten. Nun stellte ich mir vor, dass die Glaswand das Dielektrikum eines Kondensators bildet, dessen eine Belegung das Quecksilber im Innern der Fallröhre und dessen andere die an der Aussenseite der Glasröhre befindliche, mehr oder weniger feuchte Luft ist; wenn ich nun die äussere Belegung beseitige, indem ich das Fallrohr mit einem vorzüglichen Isolator umgebe, so muss die elektrische Entladung durch das Dielektrikum aufhören. In der That, wenn man im Dunkeln eine Sprengelpumpe bei höherem Vakuum arbeiten sieht, erkennt man leicht elektrische Lichterscheinungen. Bringt man aber das Fallrohr in ein anderes Glasrohr und füllt den Zwischenraum mit isolierender Flüssigkeit, z. B. Öl, so verschwinden die Lichterscheinungen vollständig und zwar bis zu der Stelle, bis zu welcher das Öl reicht; füllt man den Zwischenraum nur bis zur halben Höhe, so treten die Lichterscheinungen auch nur in der oberen Hälfte der Fallröhre auf.

Mit Vermeidung seiner Ursache dürfte aber auch das Übel selbst beseitigt sein.

Die praktischen Erfahrungen, die ich mit diesem Verfahren, das Springen der Fallrohre zu vermeiden, erzielte, sind denn auch sehr befriedigend. Es ist z. B. für die Fabrikation von Röntgenröhren eine solche Pumpe, wie sie die Polyphos-Gesellschaft in München, welche das alleinige Herstellungsrecht besitzt, liefert, seit etwa 5 Monaten dauernd in Betrieb und zwar ohne irgendwelche Störung.

Somit dürfte durch diese einfache, aber wichtige Verbesserung die Anwendung der Sprengelpumpen eine noch weit ausgedehntere werden, als sie es heute bereits ist.

Diskussion.

Boas-Berlin: Der Vortragende verwendet isolierendes Öl dazu, um die elektrischen Entladungserscheinungen in dem Fallrohre zu vermeiden. Wenn die Isolierfähigkeit des Öles dies bewirken sollte, dadurch, dass es die Feuchtigkeit am Äussern des Fallrohres beseitigt, so müsste ein Fallrohr von entsprechender Glasdicke, also von der Stärke gläsernes Fallrohr plus Ölschicht verwendet, genau dieselbe Wirkung haben. Ebenso müsste in einem Fallrohr, das von einem scharf getrockneten Vakuum umgeben ist, auch keine Entladung stattfinden. Bei meiner Quecksilberluftpumpe stehen die Fallrohre in einem relativ hohen Vakuum, von höchstens 0,2 mm Druck, das scharf getrocknet ist. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass in dem Fallrohr trotzdem Entladungsvorgänge sichtbar sind und dass die Fallrohre auch springen. Ausserdem hat man bereits früher schon, von wem ist mir augenblicklich nicht gegenwärtig, die Fallrohre mit einer starken Paraffinschicht umgeben, die dann auch mechanisch die etwa eingesprungenen Fallrohre zusammenhalten sollte. Auch dies Verfahren hat praktisch zu keinem guten Resultat geführt. Wenn also das Öl in diesem Falle wirklich das Eintreten von Entladungserscheinungen vermieden haben sollte, so ist der Grund darin eher in einer Leitfähigkeit als in der Isolation des Öles zu suchen.

Rosenthal: Die Anwendung eines nichtleitenden Vakuums als Isolator liegt sehr nahe; auch ich habe von Anfang an an seine Verwendung gedacht, habe es aber nicht angewandt, weil es sich praktisch viel schwieriger ausführen lässt, als die vollständig genügende Öl-Isolation. Wenn Herr Boas mit dem Vakuum kein günstiges Resultat erhielt, so liegt dies offenbar daran, dass das von ihm verwendete Vakuum nicht hoch genug, also für Entladungserscheinungen noch ein relativ guter Leiter war. Jedenfalls findet man, dass bei Anwendung von Öl als Isolator Lichterscheinungen auftreten.

Boas: Bei Quecksilberluftpumpen stehen sich zwei Verwendungsgebiete gegenüber, die Verwendung in einem physikalischen Institut und die Verwendung in einer Fabrik. Die Sprengelpumpe und die Töplerpumpe hat jede ihre Vorteile und ihre Nachteile. Die Sprengelpumpe pumpt namentlich im hohen Vakuum viel schneller als die Töplerpumpe, aber die Töplerpumpe hält besser, infolgedessen wird sich die Töplerpumpe zu wissenschaftlichen Arbeiten, wo doch nur eine unterbrochene, zeitweise Benutzung in Frage kommt, im allgemeinen besser bewähren. Fasst man dagegen den Fabrikbetrieb ins Auge, so wird dort eine Quecksilberluftpumpe gewöhnlich dazu benutzt, um tagtäglich während 9- oder 10-stündiger Arbeitszeit dauernd hohes Vakuum zu geben. Als von Amerika die Glühlampen-Industrie zu uns herüberkam, wurden auch bei uns die Glühlampenfabriken, die nach dem Muster amerikanischer eingerichtet wurden, mit Sprengelpumpen versehen. Es sind seit jener Zeit eine Unmenge von Versuchen unternommen worden, um die Sprengelpumpe zu verbessern

und den grössten Übelstand der Pumpe, das Zerbrechen der Fallrohre, zu vermeiden. Es ist nicht allein das Zerspringen der Fallrohre, was die Pumpe bald unbrauchbar macht, sondern es ist vielmehr auch das Verschmutzen, das daher kommt, dass dem auszupumpenden Gase alle möglichen Verunreinigungen, Kohlenwasserstoffe und stickstoffhaltige Produkte, beigemengt sind. Verwendet man im Interesse des schnellen Pumpens ein etwas weites Fallrohr, so hört die Pumpwirkung im verschmutzten Rohre sehr bald auf, weil das Quecksilber keine abschliessenden Kolben mehr bildet. Dass auch im höchsten Vakuum vollkommene Kolbenbildung eintritt, habe ich bereits seinerzeit durch photographische Aufnahmen im Lichte eines elektrischen Funkens nachgewiesen. In der Technik ist man sich längst darüber einig, die Pumpenkonstruktion so zu treffen, dass das Fallrohr einen ganz unwesentlichen Teil der Pumpe darstellt, dass man es nur einen oder wenige Tage benutzt und es beim Nachlassen der Wirkung einfach wegwirft, ohne Reinigungen zu versuchen, das hat sich in der Praxis am besten bewährt. Auch Fallrohre aus anderen Materialien wie Stahl, Platin usw. sind unbrauchbar, weil wegen der mangelnden Glätte ihrer Wandungen die Pumpwirkung eine schlechte ist. Solche Fallrohre rühren übrigens nicht von Kahlbaum, sondern wie ich glaube, von Stearn her, dem Direktor der Birmensdorfer Glühlampenfabrik, der sich um die Verbesserung der Sprengelpumpe viele Verdienste erworben hat. Die Wissenschaft hat sich um die einschlägige technische Litteratur grade auf diesem Gebiete recht wenig gekümmert, denn zur Zeit, als Herr Kahlbaum sich mit den Quecksilberpumpen zu befassen anfing, verfügte die Technik bereits über sehr zweckmässige Konstruktionen. Das, was Kahlbaum neu eingeführt, die Hebung des Quecksilbers durch intermittierende Luft und Quecksilbersäulen, rührt bekanntlich auch nicht von ihm her, sondern von L. v. Babo.

Ich halte es nach allen meinen Erfahrungen nicht für möglich, Sprengelpumpen mit dauernd haltbaren Fallrohren zu konstruieren, es muss vielmehr bei jeder Konstruktion einer Sprengelpumpe, die als eine Verbesserung aufgefasst werden soll, das Hauptgewicht darauf gelegt werden, das Fallrohr auf einfachste Weise und mit den geringsten Unkosten zu ersetzen. Infolgedessen ist schon eine Pumpe mit verkürztem Fallrohr, das sich in einem Vorvakuum befindet, prinzipiell jeder Sprengelpumpe, die in die Luft ausstösst, vorzuziehen. Die Fallrohre sind sehr viel haltbarer zu gestalten, wenn man zu ihrer Herstellung erstens einmal dünnwandiges Glas verwendet und sie dann nach der glasbläserischen Fertigstellung einem lang andauernden, sorgfältigen Kühlprozess unterwirft. Solche Kühlung ist natürlich bei einem langen Fallrohre so gut wie unmöglich. Ich habe es bei mir im Betriebe schliesslich dahin gebracht, dass bei täglich neunstündigem Gebrauch, wobei die Pumpe dauernd höchste Verdünnungsgrade zu liefern hatte, die Fallrohre durchschnittlich 14 Tage lang hielten, sie wurden dann einfach fortgeworfen und durch neue ersetzt, was bei meiner Pumpenkonstruktion (die Pumpe besass ein System von 6 Fallrohren) mit leichtester Mühe gemacht werden konnte.

Rosenthal: Die Mitteilungen des Herrn Boas über seine Erfahrungen sind sehr interessant. Aber die Verbesserungen, die ich an der Sprengelpumpe anbrachte, vermeiden eben die angeführten Nachteile, wie die Erfahrungen nun schon seit 5 Monaten im Fabrikationsbetrieb zeigen und, wie nach den bisherigen Beobachtungen zu erwarten ist, auch weiter zeigen werden. Die Verschmutzung der Fallröhre ist sehr klein, und ich glaube nicht, dass man das Fallrohr in absehbarer Zeit wird ersetzen müssen.

William Stern (Breslau), Demonstration des „Tonvariators".[1])

Der akustische Apparat, der hier zur Demonstration gelangt, ist ursprünglich aus psychologischen Untersuchungen hervorgegangen, ist aber durch jahrelange Bemühungen, bei denen mich Herr Mechaniker F. Tiessen dankenswert unterstützt hat, so vervollkommnet worden, dass er nunmehr den Charakter eines allgemein brauchbaren akustischen Demonstrations- und Forschungsinstrumentes gewonnen hat.[2]) Er hat die Aufgabe, vermittels völlig kontinuierlicher Veränderung der Tonhöhe die Tonreihe in weitem Umfange zu beherrschen, derart, dass jede gewünschte Schwingungszahl sofort eingestellt und jede erreichte Schwingungszahl sofort abgelesen werden kann. Der Ton hat, solange er tönt, konstante Intensität, was einen Vorzug gegenüber den sofort nach Anschlag abklingenden Stimmgabeln bedeutet.

Der Apparat — dessen Fabrikation von der Firma Max Kohl in Chemnitz, Adorferstr. 20, übernommen worden ist — besteht aus einer Reihe von flaschenförmigen Gefässen verschiedener Grösse („Tonvariatoren"), deren jedes etwa eine Oktave beherrscht. Fig. 1 zeigt einen solchen Variator von vorn; Fig. 2 giebt schematisch das Konstruktionsprinzip. Jedes Gefäss wird gebildet durch einen Messingcylinder *C*,

1) Vorgetragen in Abteilung 2 am 21. Sept.

2) Eine etwas ausführlichere Beschreibung ist erschienen in der „Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg." **30**, 422, 1902.

dem eine aus Zinkguss gedrehte und mit einem Hals versehene Kappe K aufgelötet ist. Der Boden wird durch einen beweglichen, luftdicht schliessenden Kolben Kb dargestellt, dessen Auf- und Abwärtsbewegung die Tonänderung erzeugt. Zum Tönen wird die Flasche durch einen Luftstrom gebracht, der, von einem Gebläse herkommend, vermittels eines plattgedrückten Mundstückes A schräg gegen den Hals der Flasche gerichtet ist. Angeblasene Flaschen hatte bekanntlich schon Helmholtz für seine akustischen Untersuchungen benutzt, weil sie

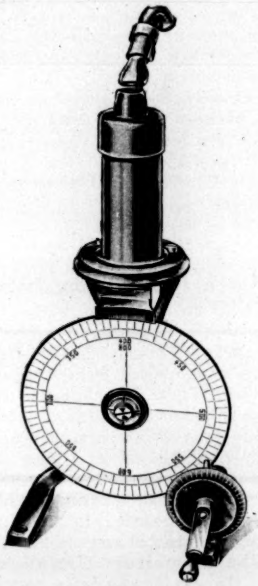


Fig. 1.
Tonvariator.
Präzisionsausführung.

bei dem Vorzug gleichmässiger Tonstärke fast ebenso obertonfrei sind wie Stimmgabeln.

Solange der Luftstrom anhält, tönt die Flasche, während durch Bewegung des Bodens die Tonhöhe geändert werden kann; es muss also nicht, wie bei den sog. „kontinuierlichen" Stimmgabelreihen, der Ton zur Einstellung einer neuen Tonhöhe unterbrochen werden.

Dass durch Anwendung von Übertragungen eine beliebige Langsamkeit der Bodenbewegung und damit eine beliebig grosse Allmählichkeit der Tonabstufung erzielt werden kann, ist klar; dagegen verursachte ein anderes Erfordernis, das wenigstens für Präzisionsuntersuchungen durchaus verwirklicht werden musste, die grösste konstruktive Schwierigkeit: nämlich die Gleichmässigkeit der Tonhöhenänderung. Beim Steigen des Bodens erhöht sich nämlich der Ton nicht mit gleichmässiger, sondern mit fortwährend zunehmender Geschwindigkeit, da die Tonhöhe nicht in umgekehrter Proportionalität zur Höhe der tönenden Luftsäule, sondern zur Quadratwurzel aus dieser Höhe steht.[1]) Hierdurch ergab sich der Missstand, dass bei Empor- und Herabkurbelung des Bodens jeder Kurbeldrehung ein anderer Betrag von abgenommenen oder hinzugefügten Schwingungszahlen entsprach.

Die Beseitigung des Missstandes ist nunmehr auf folgende Weise gelungen. Die Stange St, welche den beweglichen Boden trägt, läuft vermittels eines Röllchens R auf dem Rand einer senkrecht stehenden drehbaren Scheibe, welche spiralige Form hat. Steht das Röllchen auf dem kürzesten Radius der Spirale, so hat der Boden seine tiefste Stellung; steht er auf dem längsten Radius, so steht der Boden ganz hoch in der Flasche. Die Spirale ist nun so geschnitten, dass sie bei den kleinsten Radien sehr steil ist und mit steigendem Radius immer flacher wird; es entsprechen somit gleichen Drehungswinkeln immer geringere Hubhöhen des Bodens, und zwar in einer solchen Weise (deren mathematische Be-

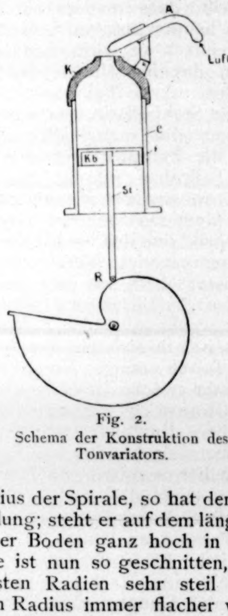


Fig. 2.
Schema der Konstruktion des Tonvariators.

1) Wie schon Helmholtz seinerzeit für Röhren mit offenen Enden mathematisch berechnet hatte (Crelles Journal **57**) und meine Berechnungen bestätigen, ist

$$n = \sqrt{\frac{c}{h}},$$

wo n die Schwingungszahl, h die Höhe der tönenden Luft und c eine für jede Flasche empirisch zu bestimmende Konstante ist.

rechnung hier übergangen werden muss), dass dadurch die obengenannte Ungleichmässigkeit gerade kompensiert wird. Nunmehr entsprechen gleichen Drehungswinkeln gleiche Zuwächse der Schwingungszahl.

Auf der gleichen Achse mit der Spirale befindet sich, dem Experimentator zugewandt, ein geteilter Kreis mit den Schwingungszahlen und den musikalischen Tonangaben, der sich bei Drehung der Spirale mitdreht und an einem festen Index vorbeistreicht (vgl. Fig. 1). An ihm kann man daher in jedem Moment die erreichte Schwingungszahl ablesen. Diese Achse ist durch Übertragung im Verhältnis von 1 : 10 mit einer anderen verbunden, an welcher sich die Kurbel befindet; an dieser Kurbel dreht sich ein zweiter Teilkreis mit, welcher Schwin-

Fig. 3.
Tonvariator.
Einfachere Ausführung.

gungsbruchteile zwischen die an der Hauptskala abzulesenden Schwingungen zu interpolieren gestattet.

Die beiden auf dem Naturforschertag vorgeführten Variatoren umfassten die Oktaven 400—800 und 600—1200 Schwingungen; jeder einzelne Variator erlaubte, innerhalb seiner Oktave mehrere Tausend Tonstufen herzustellen und abzulesen. Das teilweise Sichüberdecken der Tonbereiche beider Apparate ist deswegen nötig, weil viele Untersuchungen das gleichzeitige oder unmittelbar folgende Erklingen zweier gleicher oder sehr nah benachbarter Töne erfordern: Vortragender demonstrierte Unisono, Schwebungen, Differenztöne, Unterschiedsempfindlichkeit für minimale Unterschiede und wies darauf hin, wie durch die allmähliche Veränderlichkeit des einen Tones bei Festhalten des anderen diese Erscheinungen mit einer Deutlichkeit hervortreten, dass sie sich selbst Ungeübten sofort aufdringlich bemerkbar machen.

Der vorgeführte Blasetisch ist bestimmt zum Tragen von 6 Apparaten, die, bei teilweisem Übereinandergreifen ihrer Umfänge, im ganzen

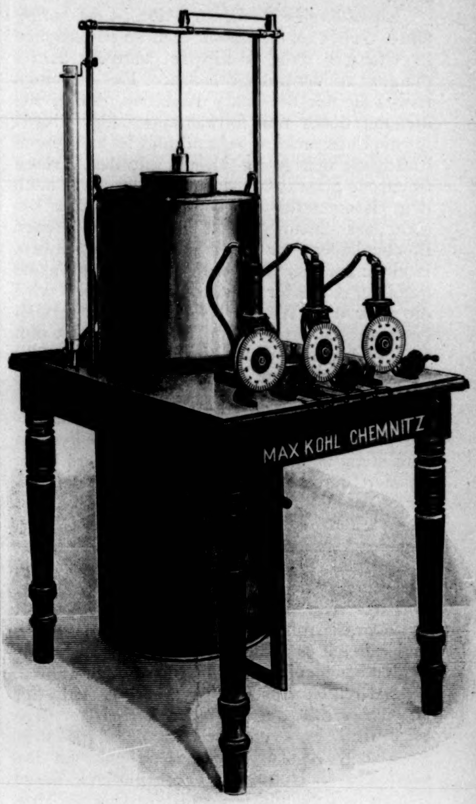


Fig. 4.
Gebläse mit 3 Variatoren.

$3\frac{1}{2}$ Oktaven umfassen: von 100—1200 Schwingungen; weitere Apparate, die sowohl nach der Tiefe wie nach der Höhe den Gesamtumfang erweitern sollen, sind ebenfalls geplant. —

Ausser dieser hier vorgeführten Form des Tonvariators wird neuerdings von der Firma Max Kohl in Chemnitz auch eine einfachere Ausführung konstruiert (Fig. 3), welche weniger für exakte Forschungen als für Demonstrations- und Unterrichtszwecke an Universitäten und Schulen bestimmt ist Hier wird der

Boden direkt durch eine Zahnstange und einen Triebknopf gehoben; es fehlt also die Spirale. Durch eine eigentümliche Hebelkonstruktion ist es möglich gemacht, dass trotz der ungleichmässigen Geschwindigkeit der Tonänderung ein Zeiger an einer gleichmässig geteilten Skala die Schwingungszahlen in grösseren Distanzen anzeigt. —

Ebenfalls eine Neukonstruktion ist das vorgeführte Gebläse, für das wir dem amerikanischen Psychologen Prof. Whipple wertvolle Anregungen zu verdanken haben. Es soll einen Ersatz für den Blasebalg darstellen, dessen Bedienung durch das fortwährend nötige Treten für die Untersuchung sehr störend ist und dessen Luftdruck sehr leicht kleine, mit dem Treten isochrone Schwankungen zeigt. Das neue, nach dem Gasometerprinzip konstruierte Gebläse besteht aus einem grossen nach unten offenen Blechcylinder, der durch seine eigene Schwere in einen anderen nach oben offenen, mit Wasser gefüllten Cylinder hineinsinkt. Hierbei wird die über dem Wasser befindliche Luft herausgepresst und unter einem Druck von ca. 15 mm Quecksilbersäule durch eine Röhre den Zuführungsschläuchen der Tonvariatoren zugeleitet. Da nun aber der sinkende Kessel durch die zunehmende Wasserverdrängung stetig an Gewicht verliert, muss auch der Druck der herausgepressten Luft stetig abnehmen. Dieser Fehler wird kompensiert durch folgende vom Vortragenden angegebene Vorrichtung. Auf dem sinkenden Kessel befindet sich ein ringförmiges Gefäss, welches vermittels eines Schlauches mit einer weiten am Tisch befestigten wassergefüllten Glasröhre kommuniziert. Sinkt nun der Kessel und das ringförmige Gefäss mit ihm, so tritt aus dem Glasrohr in dieses Gefäss Wasser über, und nun gilt es lediglich, die Dimensionen der beiden kommunizierenden Gefässe so zu wählen, dass durch die zutretende Wasserlast stetig der Gewichtsverlust des sinkenden Kessels kompensiert wird. Ist der Kessel ganz herabgesunken, so genügt ein Zug an einer Schnur, um ihn wieder in die Höhe zu heben; ein durch diesen Zug zugleich geöffnetes Ventil (konstruiert v. Hrn. F. Tiessen) lässt wieder neue Luft in den steigenden Kessel eintreten. Ist der Kessel hochgezogen, so kann man sich minutenlang ungestört der Beobachtung des mit völlig gleichmässiger Intensität klingenden Tones ohne irgendwelche Ablenkungen widmen.

Das Gebläse ist nicht nur für Tonvariatoren brauchbar, sondern für alle Zwecke, denen bisher der Blasebalg diente.

Diskussion.

Lummer (Berlin): Ich habe mich früher einmal bemüht, die Summationstöne objektiv in der Luft nachzuweisen. Achten Sie doch darauf, ob Sie die dabei hören können, und ob sie objektiv nachzuweisen sind. König in Paris behauptet, sie kommen erst im Trommelfell zustande, während die Helmholtzsche Theorie verlangt, dass sie objektiv in der Luft vorhanden sein müssen. Ein experimenteller Nachweis ist bis jetzt noch nicht dafür erbracht.

K. Schreber (Greifswald), Explosionsmotoren mit Wassereinspritzung. [1])

Aus den Gesetzen der Gase und Dämpfe, wenn man sie in eine passende Form bringt, wie aus den allgemeinen Sätzen der Thermodynamik lässt sich leicht erkennen, dass das Einführen von Wasser in den Verbrennungsraum von Verbrennungsmaschinen schädlich ist. Der Widerspruch hiergegen, welchen der Bankimotor veranlassen könnte, ist nur scheinbar, denn auch hier ist das Wasser schädlich; Banki erreicht aber durch dasselbe anderwärts einen Vorteil, welcher den Schaden mehr als ausgleicht. Der Vorteil besteht darin, dass man mit Hilfe des Wassers die Kompressionswärme unschädlich machen kann, welche sonst Vorzündungen veranlasst.

Banki ist der erste gewesen, welcher diesen Vorteil erkannt hat. Er hat aber die Theorie nicht weit genug verfolgt. Um den Schaden der Wassereinspritzung möglichst klein zu machen, darf man nicht mehr Wasser einführen, als zur Aufnahme der Kompressionswärme gerade nötig ist. Das gelingt, indem man mit dem Einspritzen erst beginnt, nachdem die Temperatur des Cylinderinhalts um eine von der Konstanten der Verdampfungsgeschwindigkeit der eingespritzten Flüssigkeit und der Umdrehungszahl des Motors abhängige Differenz heisser geworden ist, als der Siedepunkt der Flüssigkeit.

Der durch das Einspritzen bedingte Schaden zeigt sich im T-τ Diagramm darin, dass während des Einspritzens die Entropie zunimmt. Diese Zunahme lässt sich leicht berechnen nach der vom Vortragenden in Dinglers polyt. Journ. 1904, Heft 8 gegebenen graphischen Methode.

Das erhaltene T-τ Diagramm unterscheidet sich von den gewöhnlichen dadurch, dass die Kompressionsstrecke gedrittelt ist; der erste und dritte Teil sind isentropisch, der mittlere entspricht der Einspritzperiode.

Das nur durch Zuhilfenahme nicht beweisbarer Hypothesen ermöglichte T-τ Diagramm des Bankimotors unterscheidet sich von dem eben entworfenen dadurch, dass die Expansionslinie unter starker Zunahme der Entropie verläuft. Auf diese Weise wird seine Fläche

1) Vorgetragen in Abtlg. 3 am 19. September.

grösser als der zugeführten Energie entspricht, man kann aber trotzdem unter gewissen Vorsichtsmassregeln den theoretischen Wirkungsgrad daraus ablesen.

Zwischen dem entworfenen Diagramm und den Versuchsresultaten besteht eine so weit gehende Übereinstimmung, dass man das Diagramm trotz der Hypothesen als das einer Bankimaschine ansehen darf.

Der Vergleich des Diagrammes des Bankiprozesses mit dem des vom Vortragenden entworfenen Prozesses ergiebt, wenn man gleichzeitig die Resultate der von Meyer und der von Jonas angestellten Versuche berücksichtigt, dass der Wirkungsgrad von Motoren mit Wassereinspritzung um so grösser wird, je weniger Wasser eingespritzt wird und dass der vom Vortragenden entworfene Prozess das Ideal des Prozesses eines solchen Motors ist, d. h. dass er den grössten Wirkungsgrad giebt.

K. Schreber (Greifswald), Kraft, Gewicht, Masse, Stoff, Substanz.[1])

Als Substanz darf man jede physikalische Grösse S bezeichnen, welche der Bedingung $\Sigma \delta S = 0$ genügt, welche in ihrer Gesamtsumme stets unverändert bleibt. Substanzen sind z. B. Energie, Masse, Elektrizitätsmenge, Bewegungsgrösse, Höhe, Volumen u. s. w. Der Begriff der Substanzen darf also wohl zur Charakterisierung einer physikalischen Grösse benutzt werden, ist aber selbst kein physikalischer Begriff.

Der Begriff des Stoffes ist an das Vorhandensein chemischer Reaktionen gebunden; mit Ostwaldscher Nomenklatur ist der Stoff als der Kapazitätsfaktor der chemischen Energie zu bezeichnen. Materie sowohl wie Äther (Lichtäther) sind hypothetische Stoffe, deren Reaktionen und spezifische Eigenschaften je nach der Hypothese verschieden sind.

Die beiden Begriffe Substanz und Stoff haben nun eigentlich mit der Verwirrung in den Masssystemen, welche durch die Verwechselung der anderen drei im Thema genannten veranlasst ist, wenig zu schaffen, trotzdem sie stets in die Diskussionen hierüber hineingezogen worden sind.

Diese Verwirrung ist so alt, wie die moderne Physik überhaupt und dadurch begründet, dass die neben den Einheiten von Raum und Zeit für die Praxis wichtige Einheit eine Einheit des Stoffes ist, und dass unter gewöhnlichen Verhältnissen der Stoff sowohl dem Gewicht wie der Masse proportional ist.

Galilei hat schon aus dem Altertum ein Masssystem übernommen, in welchem die Einheit der Stoffmenge auch als Einheit der Kraft aufgefasst wurde. Zu Schwierigkeiten führte dieses System erst, als Gauss die magnetischen Beobachtungen auf der Erde vereinigen wollte. Deshalb fasste Gauss jene Einheit der Stoffmenge als Einheit der Masse auf und erhielt so ein Masssystem, in welchem neben den Einheiten von Raum und Zeit als dritte Einheit die Einheit der Masse definiert wird als die Masse von 1 cm^3 Wasser. Da dieses System vom Ort auf der Erde unabhängig, in Gauss' lateinischer Sprache „absolut" ist, so hat man es als absolutes Masssystem bezeichnet und mit Hilfe einer Erweiterung der Bedeutung dieses Eigenschaftswortes behauptet, es sei das einzig zulässige System.

Dieses jetzt in der Physik zum herrschenden gewordene, von mir deshalb als physikalisches bezeichnete System hat den Nachteil, dass der Begriff der Masse schwer als Fundamentalbegriff, d. h. ohne Voraussetzung anderer Begriffe zu definieren ist. Die einzige diese Bedingung erfüllende, von Mach herrührende Definition giebt die Masse als mathematische Abkürzung für ein Verhältnis zweier Beschleunigungen ohne irgendwelche physikalische Anschaulichkeit. Ferner lässt sich in diesem System der Begriff der Kraft ebenfalls nur als mathematische Abkürzung, diesmal für ein Produkt aufstellen, ohne irgendwelchen physikalischen Hintergrund; ausserdem hat diese Ableitung auch noch den Mangel, dass sie nur für dynamische Kräfte gültig ist, so dass zur Definition statischer Kräfte noch Hypothesen nötig werden.

Dagegen hat das Galileische System, welches sich trotz allen Ansturms in der Technik erhalten hat, den Vorteil, dass nicht nur der Fundamentalbegriff, die Kraft, sondern auch alle abgeleiteten Begriffe vollkommenste Anschaulichkeit besitzen. Dass jeder Mensch, auch der ohne die geringsten Vorkenntnisse, eine Vorstellung vom Begriff der Kraft hat, liegt daran, dass er, wie Redtenbacher sagt, in seinen Muskeln einen Kraftsinn hat.

Kraft ist diejenige physikalische Grösse, welche der Mensch durch eine Anstrengung seiner Muskeln ersetzen oder aufheben kann.

Will man dieses Masssystem zu einem absoluten, d. h. vom Ort auf der Erde unabhängigen machen, so muss man eine neue Einheit der Kraft definieren. Ich nehme als Einheit der Kraft diejenige Kraft, mit welcher sich zwei Wasserkugeln von 1 cm^3 anziehen, wenn sich ihre Oberflächen gerade berühren und nenne sie nach dem Vornamen Newtons, auf dessen Gravitationsgesetz diese Einheit beruht, ein *Is.*

Den Begriff der Masse erhält man aus dem der Kraft, entweder als Mass des Trägheitsvermögens, oder auf dem Umwege über den Begriff der Arbeit und Energie als Mass der

1) Vorgetragen in Abteilung 3 am 20. September.

Aufnahmefähigkeit für Bewegungsenergie; beidemale also anschaulich. Als Einheit der Masse definiere ich die Masse einer Wasserkugel, welche auf eine ihr gleiche Wasserkugel die Einheit der Kraft ausübt, wenn sich die Oberflächen gerade berühren. Durch Vergleich mit der Definition des *Is* erhält man hieraus, dass die Einheit der Masse gleich der Masse von 1 cm^3 Wasser, also gleich der im physikalischen System gebräuchlichen ist.

Da das *Is* für die Praxis zu klein ist, so definiere ich als praktische Einheit die Kraft $2{,}263 \cdot 10^{13}$ *is*, welche, soweit die Genauigkeit der Versuche reicht, gleich dem Gewicht der Kilogramme des Archivs ist. Sollten genauere Beobachtungen ergeben, dass diese Zahl nicht ganz richtig ist, so wird man nur die neugefundene Zahl einsetzen, ähnlich wie man es bei der Feststellung des Verhältnisses des Ohm zur Quecksilbereinheit gemacht hat. Auch die Abhängigkeit des Gewichtes vom Ort lässt sich sofort in jene Beziehung einfügen.

Um die Bezeichnungen der Einheiten für Stoffmenge, Gewicht und Masse scharf voneinander zu trennen, schlage ich im Anschluss an Oberbeck vor, die Einheit der Stoffmenge dem Reichsgesetz entsprechend mit „kg", dagegen die des Gewichtes mit „kgg" und die der Masse mit „kgm" zu bezeichnen, also den vom Gesetz vorgeschriebenen Bezeichnungen ein „g" bezw. ein „m" anzuhängen.

Der Vortrag wird ausführlich in Dinglers polytechn. Journal erscheinen.

G. Bredig und F. Epstein (Heidelberger Chem. Univers.-Laboratorium), Adiabatische Reaktionskinetik chemischer Systeme. [1])

Es wurde der bei plötzlichen und explosiven Reaktionen oft vorkommende Fall behandelt, dass eine chemische Reaktion in einem für Wärme undurchlässigen (Weinhold-Dewarschen) Gefässe oder mit einer im Verhältnis zur Wärmeableitung unendlich grossen Geschwindigkeit unter Wärmetönung sich abspielt und die allgemeinen kinetischen Gleichungen für die Geschwindigkeit einer Reaktion und für die Geschwindigkeit der dadurch bewirkten Selbsterhitzung eines homogenen verdünnten Systems unter solchen Umständen aufgestellt und an Versuchen bestätigt. Auf Grund des bekannten kinetischen Massengesetzes für isotherme Reaktionsgeschwindigkeit ohne Gegenreaktion und der einfachen van't Hoff-Arrheniusschen Beziehung zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur sowie mit Hilfe der kalorimetrischen Beziehung zwischen der Reaktionswärme und der chemisch umgesetzten Menge resp. der dadurch bewirkten Temperaturänderung erhielten die Verfasser für die Geschwindigkeit der adiabatischen Selbsterhitzung die kinetische Differentialgleichung

$$(1)\quad \frac{dT_x}{dz} = e^{E - \frac{A}{T_x}}\left(\frac{w}{qb}\right)^{n-1} \cdot (T_t - T_x)^n,$$

worin bedeuten z die Zeit, T_x die zur Zeit z infolge des chemischen Umsatzes jeweilig erreichte Temperatur, E und A die Konstanten der van't Hoff-Arrheniusschen Temperaturfunktion der Reaktionsgeschwindigkeit, w die zunächst als konstant angenommene Wärmekapazität des Systemes (eventuell inkl. derjenigen der miterwärmten Gefässteile, Thermometer etc.), q die zunächst als konstant angenommene Reaktionswärme pro ein g-Formelgewicht, n die „Ordnung" der Reaktion, b die im System vorhandene Anzahl Liter des Reaktionsgemisches und T_t die Endtemperatur nach vollendetem chemischem Umsatz. Die Zeit $z_2 - z_1$, innerhalb deren sich das System adiabatisch um $T_2 - T_1$ erhitzt, ist gegeben durch das bestimmte Integral der Gleichung (1) zwischen diesen Grenzen und liess sich durch eine Quadratur nach der Simpsonschen Regel aus den experimentellen Daten genügend genau berechnen. Als experimentelles Beispiel prüften die Verfasser die heftige exotherme Reaktion erster Ordnung ($n = 1$), welche eintritt, wenn Wasserstoffsuperoxydlösung unter dem katalytischen Einflusse von Jodkalium in Wasser und Sauerstoff zerfällt. Dieser Vorgang ist von Bredig und Walton (1903) isotherm kinetisch bereits untersucht und daher war seine Geschwindigkeit leicht quantitativ regulierbar. Die Selbsterhitzungsgeschwindigkeit dieses Systems wurde in einem Weinhold-Dewarschen Gefässe mit den nötigen Kautelen gemessen und in den angeführten Beispielen bis auf wenige Sekunden in genügender Übereinstimmung mit der Theorie gefunden, wobei die Versuchsdauer zwischen drei und vierundzwanzig Minuten schwankte. Entsprechend dem autokatalytischen Einflusse der Selbsterhitzung können die Zeittemperaturkurven einen Wendepunkt haben, dessen Gleichung ist

$$(1\,b)\quad T_w = -\frac{A}{2n} \pm \sqrt{\frac{AT_t}{n} + \left(\frac{A}{2n}\right)^2}.$$

Die Temperatur T_w des Wendepunktes ist also unabhängig von der absoluten Grösse der Reaktionsgeschwindigkeit und daher auch unabhängig von der Menge des Katalysators, solange diese A und n nicht ändert und T_t gleich bleibt.

Schliesslich geben die Verfasser auch die allgemeinere Gleichung für den schon von

1) Von den Verff. bearbeiteter Auszug des in Abteilung 2 am 21. September gehaltenen Vortrags.

Petrovitch (1897) rein theoretisch, aber, wie Verfasser zeigen, unrichtig behandelten Fall, dass w sich mit der Reaktion und nach dem Hessschen Satze also auch q sich mit der Temperatur ändert. Sie führen ferner die allgemeinste von van't Hoff gegebene Temperaturfunktion der Reaktionsgeschwindigkeit ein und erhalten so die Gleichung:

$$(2) \quad \frac{dT_x}{dz} = e^{-\frac{A'}{T_x} + B \ln T_x + CT_x + E'} \cdot \left(\frac{w}{b} q_a\right)^{n-1} \cdot \frac{(T_s - T_x)^n}{(q_0 - ST_s)^n \cdot (q_0 - ST_x)^{n-2}}$$

in welcher A', B, C und E' die Konstanten der van't Hoffschen allgemeinsten Temperaturfunktion der Reaktionsgeschwindigkeit, q_a die Reaktionswärme bei der Anfangstemperatur der Selbsterhitzung also im Beginn der Reaktion, q_0 dagegen die Reaktionswärme bei der Normaltemperatur $T_x = 0$ und S den als konstant angenommenen Unterschied der Wärmekapazität vor und nach der Reaktion pro 1 g Formelgewicht bedeuten. Ändert sich die Wärmekapazität nicht durch die Reaktion und also die Wärmetönung pro 1 g-Formelgewicht nicht mit der Temperatur, so wird $S = 0$ und $q_a = q_0$. Werden ausserdem, was häufig der Fall ist, $B = C = 0$, so geht die verwickelte Gleichung (2) in die einfachere Gleichung (1) über.

Eugen Meyer (Berlin), Die Bedeutung der Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung motorischer Kraft.[1])

Unsere materielle Kultur verdankt ihr Gepräge den Wärmekraftmaschinen, welche die in den Brennstoffen aufgespeicherte Sonnenenergie der Menschheit als motorische Kraft nutzbar machen. Darum ist die Frage nach der Ausnutzung der Brennstoffe in unseren Wärmekraftmaschinen auch für die Allgemeinheit von der allergrössten Bedeutung. Dem Ingenieur wird aber seine verantwortungsvolle Aufgabe, jeglicher Vergeudung der kostbaren Brennstoffschätze durch die stetige Vervollkommnung der Wärmekraftmaschinen zu steuern, nicht leicht gemacht. Wohl dient ihm dabei die Thermodynamik als Leuchte; sie zeigt ihm die Wege, auf denen ein Vordringen nutzbringend sein könnte und setzt das Erreichte physikalisch in das richtige Licht. Aber viele der von ihr gewiesenen Wege führen doch nicht zum Ziel, denn neben der Frage nach der physikalischen Möglichkeit spielen diejenigen nach der technischen Ausführbarkeit und Zweckmässigkeit und insbesondere nach der Wirtschaftlichkeit eine so ausschlaggebende Rolle, dass erst alle diese Gesichtspunkte zusammen die Richtung angeben, in der ein Fortschritt erzielbar ist. Der Kampf, den der Ingenieur dabei mit dem spröden Stoffe zu führen hat, ist ein äusserst schwerer, gilt doch hier in vollem Masse das Wort des Dichters: Leicht bei einander wohnen die Gedanken, doch hart im Raume stossen sich die Sachen. Und es beschleicht ihn bei aller Freude an dem Erreichten auch wieder das Gefühl der Resignation, denn von dem, was physikalisch möglich erscheint, kann so wenig in die technische Wirklichkeit umgesetzt werden. Über diesen Kampf und die dabei gewonnenen Siege Ihnen am Beispiel der thermodynamisch vollkommensten Maschine, der Verbrennungskraftmaschine, zu berichten, ist mir die ehrenvolle Aufgabe zuteil geworden.

Unsere besten Grossdampfmaschinen verwandeln nur 13—15 Proz. der Wärme, die bei der Verbrennung der Kesselkohle entwickelt wird, in Nutzarbeit. Man wird ferner nicht fehlgehen in der Annahme, dass in den meisten Dampfmaschinen mittlerer Grösse nur ungefähr 10 Proz. der Brennstoffwärme sich als Nutzarbeit wiederfinden, ja dass sich die Kleindampfmaschinen häufig mit 3—4 Proz. Wärmeausnutzung begnügen müssen. Erst seit wenigen Jahren gelingt es durch die Anwendung des überhitzten Dampfes auch in kleineren Anlagen eine bessere Wärmeausnutzung zu erzielen, eine Heissdampflokomobile von nur 50 PS. Leistung hat sogar nach beglaubigten Berichten eine Wärmeausnutzung von 15,3 Proz. erreicht und kommt also darin den besten Grossdampfmaschinen gleich.

Der Kolbendampfmaschine sind aber in neuerer Zeit zwei mächtige Gegner erstanden, welche sie aus ihrer altangestammten Stellung zu verdrängen bestrebt sind, die Dampfturbine und die Verbrennungskraftmaschine.

Die Dampfturbine scheint, soweit sich dies heute übersehen lässt, die Wärme nicht viel besser auszunutzen als die Kolbendampfmaschine. Ihre grosse Bedeutung liegt vielmehr auf konstruktivem Gebiete: in ihr erzeugt der Dampf nicht erst eine hin- und hergehende Bewegung, die erst auf dem Umwege durch den Schubkurbelmechanismus in Drehbewegung übertragen werden müsste, sondern der Dampf wirkt unmittelbar auf ein sich drehendes Turbinenrad. Dadurch wird die Konstruktion, namentlich bei grossen Maschinensätzen einfacher und billiger, der Raumbedarf der Maschine verringert sich wesentlich gegenüber der Kolbendampfmaschine, infolge der gleichförmigen Drehbewegung kann das Fundament viel leichter und billiger ausgeführt werden, der Schmierölverbrauch wird kleiner und die Regulierfähigkeit grösser. So arbeiten denn hervorragende deutsche und ausländische Firmen seit einigen Jahren angestrengt

1) Vorgetragen in der 2. allgemeinen Versammlung am 23. Sept. 1904.

an der Vervollkommnung der Dampfturbine und an ihrer Einführung in die Industrie. Es hat den Anschein, als ob insbesondere in grossen elektrischen Centralen die Kolbendampfmaschine durch die Dampfturbine gänzlich verdrängt werden sollte.

Dass die beiden soeben besprochenen Maschinengattungen eine verhältnismässig so geringe Wärmeausnutzung besitzen, ist thermodynamisch begründet und zwar mit Rücksicht auf die Eigenschaften des Wasserdampfes und auf die in betriebsfähigen Kesseln zulässigen Dampfspannungen. Nach dem zweiten, dem Carnot-Clausiusschen Hauptsatz der Thermodynamik kann in einer technisch realisierbaren Wärmekraftmaschine nie die ganze ihr im Brennstoff zugeführte Wärmemenge in Arbeit verwandelt werden, ein Teil davon muss vielmehr stets unverwandelt durch die Maschine gehen. Der in Arbeit verwandelte Teil ist aber um so grösser, je höher das Temperaturgefälle ist. Was unter dem Temperaturgefälle hier verstanden wird, kann ich an dem Beispiel der Dampfmaschine zeigen: Im Dampfkessel besitzt bei den grössten zulässigen Kesselspannungen der gesättigte Dampf ungefähr 200° Cels. oder allgemein $T_1{}^0$ absolute Temperatur; der aus der Dampfmaschine in den Kondensator entweichende Dampf besitzt noch eine Temperatur von mindestens 30° Celsius oder allgemein $T_2{}^0$ absolut. Nun erfolgt die Temperaturabnahme in der Dampfmaschine von 200° auf 30° dann theoretisch richtig, wenn der Dampf diesen Temperaturfall dadurch erleidet, dass er bei seiner Ausdehnung in der Maschine den Dampfkolben arbeitsverrichtend vor sich herschiebt und durch diese Arbeitsverrichtung Wärme in Arbeit verwandelt. Wir haben es also auf diese Weise mit einem Temperaturfall durch arbeitsverrichtende Ausdehnung zu thun, während es fehlerhaft wäre, den Temperaturfall durch Wärmeübertragung an kalte Körper hervorzurufen, weil dadurch keine Arbeit gewonnen würde. Das Verhältnis der beiden Temperaturen $\frac{T_1}{T_2}$ ist im Sinne der Thermodynamik das hier verfügbare Temperaturgefälle und je grösser dasselbe ist, um so besser wird die Wärmeausnutzung.

Nun besitzen aber die Verbrennungsgase, die sich bei der Verbrennung der Kohle im Dampfkessel bilden, 1200—1500° Temperatur. Könnte schon von diesen hohen Temperaturen aus der Temperaturfall durch arbeitsverrichtende Ausdehnung erfolgen, so stände also ein sehr viel grösseres Temperaturgefälle zur Verfügung. Den grössten Teil dieses Temperaturgefälles dadurch zu vernichten, dass man die Wärme der Verbrennungsgase durch Wärmeleitung an den Dampf von 200° überführt und den Temperaturfall durch arbeitsverrichtende Ausdehnung erst bei 200° statt bei 1200—1500° beginnen lässt, heisst daher einen sehr grossen Teil der Arbeitsfähigkeit der Wärme vernichten. Und da beim Wasserdampf im Hinblick auf die zulässigen Kesselspannungen und aus anderen Gründen ein wesentlich grösseres Temperaturgefälle nicht erzielbar ist, so muss ausgesprochen werden, dass er als Zwischenträger bei der Umwandlung von Wärme in Arbeit thermodynamisch unvorteilhaft ist, so bequem er auch vom technischen Standpunkte aus hierzu sein mag.

Mit Rücksicht auf ein möglichst grosses Temperaturgefälle wird es also am aussichtsreichsten erscheinen, wenn der Temperaturfall durch arbeitsverrichtende Ausdehnung schon bei den hohen Temperaturen der Verbrennungsgase beginnt, wenn daher die Verbrennungsgase selbst im Motorencylinder arbeitsverrichtend sich ausdehnen. Und dies führt schliesslich im Hinblick auf die technische Ausführbarkeit zu der Forderung, dass auch die Verbrennung und Wärmeentwicklung im Motorencylinder selbst erfolgt. Diejenige Gattung von Wärmekraftmaschinen, welche diese Forderung erfüllt, nennt man Verbrennungskraftmaschinen, oder da hierbei nur gasförmige Brennstoffe in Betracht kommen können, Gaskraftmaschinen, Gasmotoren. So drängen also die Folgerungen der Thermodynamik selbst zum Baue von Gasmaschinen und lassen sie thermodynamisch als viel aussichtsreicher erscheinen als die Dampfmaschine.

Es ist zunächst unsere Aufgabe, die Wärmeausnutzung in der Gasmaschine kennen zu lernen. Dazu müssen wir vorher einen Blick auf ihre Arbeitsweise werfen, wie sie von Nikolaus August Otto, dem erfolgreichsten Erfinder auf dem Gebiete des Gasmotorenbaues und dem eigentlichen Begründer der Gasmotorenindustrie, dem späteren Ehrendoktor der Würzburger philosophischen Fakultät, eingeführt wurde und die Ihnen vom Automobilmotor her bekannt sein dürfte.

Ein gusseiserner Cylinder (Fig. 1) ist nach vorne durch einen Kolben abgeschlossen, dessen hin- und hergehende Bewegung durch einen Schubkurbelmechanismus in Drehbewegung der Kurbelwelle übertragen wird. Auf der Kurbelwelle sitzt ein Schwungrad, welches infolge seiner trägen Masse imstande ist, die Bewegung der Maschine aufrecht zu erhalten, auch wenn augenblicklich eine Drehkraft nicht ausgeübt wird.

Am hinteren Ende des Cylinders befindet sich ein Raum, den der Kolben auch in seiner innersten Stellung frei lässt: der Verbrennungsraum. Er besitzt zwei Öffnungen *a* und *b*, welche durch Ventile abgeschlossen sind und von der Steuerung der Maschine rechtzeitig geöffnet und geschlossen werden können. Durch

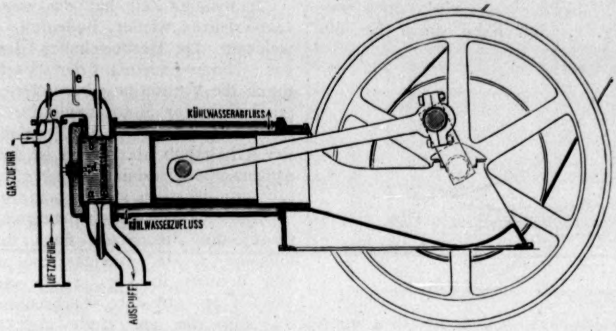


Fig. 1. Schematischer Längsschnitt einer Gasmaschine.

das Ventil *a* (Auspuffventil) können die Verbrennungsgase nach der Arbeitsverrichtung ins Freie entweichen, während durch das Ventil *b* (Einströmventil) ein explosibles Gemenge von Luft und Gas in den Cylinder tritt. In der Zuleitung zum Einströmventil befindet sich das Mischventil *c* an derjenigen Stelle, an welcher die Gasleitung in die Luftleitung einmündet.

Während der Kolben zum erstenmal nach aussen geht, sind das Einströmventil *b* und das Mischventil *c* geöffnet, das explosible Gemenge von Luft und Gas, d. h. die Ladung wird dabei in den Cylinder gesogen (Ansaugehub). Bei dem nach Schluss der Ventile *b* und *c* folgenden Rückgang des Kolbens wird der Raum für die hinter dem Kolben befindliche Ladung mehr und mehr verringert, ihr Druck nimmt stetig zu, sie wird in den Verbrennungsraum hinein verdichtet (Verdichtungshub). Ist der Kolben in seiner innersten Stellung wieder angelangt, so lässt man an der Stelle *d* des Verbrennungsraumes einen elektrischen Funken überspringen, der die Ladung entzündet und ihre Verpuffung herbeiführt. Temperatur und Druck derselben steigen fast augenblicklich sehr hoch an, der Kolben wird nach aussen geschoben. Dabei nehmen infolge der Vergrösserung des Volumens die Temperatur und der Druck der Verbrennungsgase stetig ab. Wir haben hier den Temperaturfall durch arbeitverrichtende Ausdehnung, indem ein Teil der Wärme der Verbrennungsgase in Arbeit umgesetzt wird (Arbeitshub). Ist der Kolben so zum zweiten Male aussen angelangt, so öffnet sich das Auspuffventil *a*, die Verbrennungsgase stürzen durch das Auspuffrohr ins Freie und werden bis auf den im Verbrennungsraum verbleibenden Rest beim Rückgang des Kolbens vollends hinausgeschoben (Auspuffhub). Jetzt kann mit dem erneuten Ansaugen von frischer Ladung das Arbeitsspiel von neuem beginnen.

Somit besteht dieses Arbeitsspiel aus zwei Hingängen und zwei Rückgängen, aus vier Hüben oder Takten und wird daher das Viertaktverfahren, der Viertakt, genannt. Da unter den vier Takten nur ein Arbeitstakt sich befindet, so wäre er ohne die wesentliche Hilfe des Schwungrades nicht ausführbar, denn dieses muss während dreier Takte die Drehung der Maschine aufrecht erhalten. Soll der Gang der Maschine trotzdem gleichförmig genug sein, so muss das Schwungrad schwerer als bei der Dampfmaschine ausgeführt werden.

Den geschilderten Arbeitsvorgang kann man sich am besten graphisch veranschaulichen, indem man die augenblicklichen Kolbenwege als Abszissen und die jedem Kolbenweg zu-

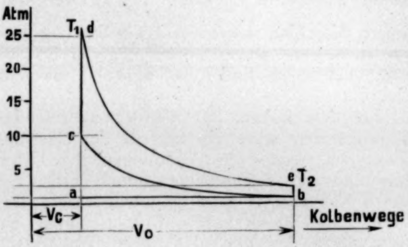


Fig. 2. Theoretisches Diagramm der Gasmaschine.

gehörigen Gaspressungen als Ordinaten aufzeichnet. Man erhält so das theoretische Schaubild der Fig. 2: Ansaugelinie *a b* bei atmosphärischem Druck, Verdichtungslinie *b c* bei stetiger Druckzunahme, Verpuffungslinie *c d* bei augenblicklicher grosser Drucksteigerung, Linie *d e* für den Temperaturfall bei arbeitsverrichtender Ausdehnung, Auspuffen der Verbrennungsgase und Ausstossen derselben beim Rückgang des Kolbens nach Linie *e b a*. In Wirklichkeit ist die Gestalt des Schaubildes oder Diagramms, das durch den Indikator an

der Maschine aufgezeichnet wird, etwa diejenige der Fig. 3. Ich habe darin für die

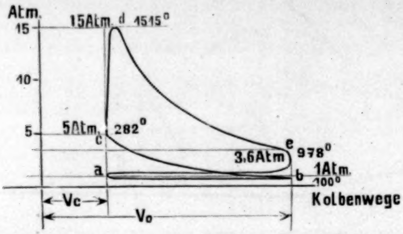


Fig. 3. Diagramm der Göttinger Gasmaschine.

10pferdige Leuchtgasmaschine des Göttinger Instituts für technische Physik die Temperaturen und Gasspannungen an den wichtigsten Punkten eingetragen. Insbesondere ist zu erkennen, dass in dieser Maschine die Temperatur am Ende der Verpuffung, d. h. die Verbrennungstemperatur 1515° und die Temperatur am Ende der arbeitsverrichtenden Ausdehnung 978° C. beträgt.

Besonders wichtig für den Gasmotor ist, wie wir sehen werden, der Grad der Verdichtung, den die Ladung vor der Verbrennung erleidet. Er ist offenbar bedingt durch die Grösse des Verbrennungsraumes, in welchen die Ladung hinein verdichtet wird und ist daher gegeben durch das Verhältnis des Gesamtvolumens V_o der Ladung am Ende des Ansaugens zu dem Volumen V_c des Verbrennungsraumes: Verdichtungsgrad $= \frac{V_o}{V_c}$. Die Göttinger Maschine hatte den Verdichtungsgrad 3,8, d. h. die Ladung wurde vor der Entzündung auf 1/3,8 ihres Anfangsvolumens verdichtet.

Bei den hohen im Cylinder auftretenden Temperaturen wäre ein Betrieb der Maschine unmöglich, wenn die Wandungen des Cylinders und des Verbrennungsraumes nicht von einem Kühlwassermantel umgeben wären. Das Kühlwasser fliesst nach Fig. 1 unten zu, oben ab.

Zu den gasförmigen Brennstoffen, die mit Luft gemischt ein explosibles Gemenge bilden, gehören nun auch die Dämpfe der flüssigen Brennstoffe, wie Petroleum, Benzin und Spiritus. Die Petroleum-, Benzin- und Spiritusmotoren gehören daher ebenfalls zu den Gasmaschinen. Es ist nur erforderlich, an Stelle des Gases den flüssigen Brennstoff in die Saugleitung zur Luft zuzuführen, wie dies in Fig. 1, *e* gestrichelt angedeutet ist. Die Wandungen des Cylinders und der Saugleitung sind während des Betriebes in der Regel warm genug, um den eingespritzten Brennstoff noch vor der Verdichtung zu verdampfen.

In neuerer Zeit hat das sogenannte Zweitaktverfahren wieder Bedeutung erlangt, bei welchem das Herbeischaffen der Ladung und das Hinausschieben der Verbrennungsgase durch die Vermittlung besonderer Ladepumpen geschieht. Im Motorencylinder selbst spielen sich infolgedessen nur der Verdichtungshub und der Arbeitshub ab. Doch ist dabei in thermodynamischer Beziehung gegenüber dem Viertakt grundsätzlich nichts geändert.

Nunmehr kennen wir genug von der Arbeitsweise, um die Frage nach der Wärmeausnutzung in der Gasmaschine zu verstehen. Wir nennen in Fig. 2 die am Ende der Verpuffung erreichte Verbrennungstemperatur T_1 und die am Ende der arbeitsverrichtenden Ausdehnung erreichte Temperatur T_2. Dann können wir das Verhältnis $T_1 : T_2$ als das für die Gasmaschine verfügbare Temperaturgefälle ansehen, durch dessen Vergrösserung die Wärmeausnutzung vergrössert wird. Dieses Temperaturgefälle wird aber offenbar um so grösser, je höher vor der Verpuffung die Verdichtung der Ladung getrieben wird, denn um so stärker können sich dann nach erfolgter Verbrennung die Verbrennungsgase wieder ausdehnen. Ist z. B. bei einer Gasmaschine der Verdichtungsgrad 8, d. h. wird die Ladung vor der Verbrennung auf $^1/_8$ ihres Anfangsvolumens zusammengedrückt, so heisst dies ja gleichzeitig, dass sich die Verbrennungsgase auf das 8fache desjenigen Volumens, das sie bei der Verbrennung besitzen, unter Arbeitsverrichtung wieder ausdehnen können. Und dass dabei der Temperaturfall durch arbeitsverrichtende Ausdehnung grösser ist als in der Göttinger Maschine, wo nur auf 1/3,8 die Ladung verdichtet wird, also auch nur um das 3,8fache die Verbrennungsgase sich ausdehnen können, dürfte einleuchten.

So ist also das wichtigste Mittel zur Erzielung einer möglichst guten Wärmeausnutzung in der Gasmaschine (beim Viertakt und beim Zweitakt) ein möglichst hoher Verdichtungsgrad. Das technische Mittel, ihn zu erreichen, erscheint dabei recht einfach zu sein. Man darf nur den Verbrennungsraum der Maschine möglichst klein machen. Betrüge dieser Raum z. B. $^1/_{50}$ des Gesamtvolumens, der Verdichtungsgrad also 50, so würde man nach den Rechnungen der Theorie bei Vermeidung sonstiger Verluste ungefähr 75 Proz. Wärmeausdehnung erhalten. Allein hier kommt nun zum erstenmal der Gesichtspunkt der technischen Ausführbarkeit und der wirtschaftlichen Zweckmässigkeit; wir würden bei einem so hohen Verdichtungsgrad mehrere 100 Atm. Druck in der Maschine erhalten, infolgedessen aber müsste die Maschine so schwer gebaut werden und hätte so viel Maschinenreibung,

dass sie wohl vielleicht als sehr teures theoretisches Spielzeug, nicht aber als wirtschaftliche und betriebssichere Kraftquelle der Industrie ausführbar erscheint. Wir dürfen in unseren Wärmekraftmaschinen mit Rücksicht auf ihre Festigkeit und die Reibungsverhältnisse in den Zapfen und am Kolben höchstens 35—40 Atm. Maximaldruck zulassen.

Ja aus einem anderen Grunde muss man zunächst noch unter dieser Grenze bleiben: wegen der Gefahr von Vorzündungen. Bei der Verdichtung eines Gases oder Gasgemenges verwandelt sich nämlich die Verdichtungsarbeit in Wärme und so steigt mit zunehmender Verdichtung stetig die Temperatur der Ladung. Sie kennen die Wirkung dieser Erscheinung beim pneumatischen Feuerzeug, wo ein Stück Zunder dadurch zur Entzündung gebracht werden kann. In der Gasmaschine entzündet sich aber infolge dieser Temperaturzunahme schliesslich die explosible Ladung selbst unter heftigen Stössen, wenn die Verdichtung zu weit getrieben wird. In einer möglichst gut gekühlten Gasmaschine kann man heutzutage bei wasserstoffreicher, also leicht entzündlicher Ladung den Verdichtungsgrad 6—7, bei wasserstoffarmer schwerer entzündlicher Ladung den Verdichtungsgrad 8—9 verwenden, ohne bei normalen Verhältnissen Vorzündungen befürchten zu müssen.

Durch den Verdichtungsgrad ist nach dem Gesagten die Wärmeausnutzung festgelegt, die wir bei Vermeidung aller sonstigen Verluste nach den Gesetzen der Thermodynamik in einer Gasmaschine im günstigsten Falle erreichen können. Diese Wärmeausnutzung ist als der thermodynamische Arbeitswert des Brennstoffes für eine gegebene Gasmaschine zu bezeichnen: Für die Göttinger Maschine mit dem Verdichtungsgrad 3,8 beträgt er rund 33 Proz., für eine im vorigen Jahre von mir untersuchte 70pferdige Braunkohlengasmaschine mit dem heutigen Verhältnissen entsprechenden Verdichtungsgrad 8,0 rund 44 Proz. In den Flächen der Rechtecke 1, Fig. 4 und 5, ist je die gesamte im Gase der Maschine zugeführte Wärme, in dem unteren Teile der Rechtecke 2 der thermodynamische Arbeitswert des Brennstoffs für die beiden erwähnten Maschinen dargestellt. Der obere Teil der Rechtecke 2 bedeutet also diejenige Wärme, welche nach dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie bei dem gegebenen Temperaturgefälle unverwandelt durch die Maschine gehen muss und zwar als freie Wärme in den auspuffenden Verbrennungsgasen. Beim Göttinger Motor handelt es sich um 67 Proz., beim 70pferdigen Motor um 56 Proz. nicht verwandelbarer Wärme. Da die Verbrennungsgase infolgedessen am Ende der arbeitsverrichtenden Ausdehnung noch sehr

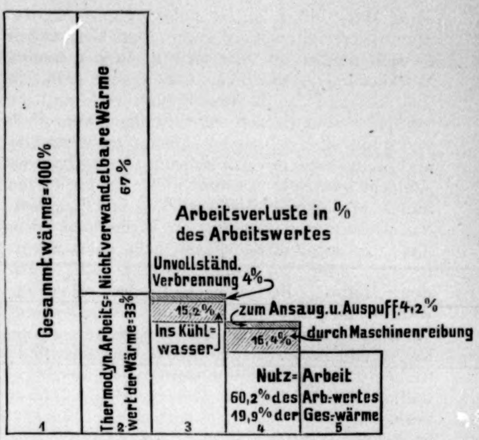


Fig. 4. Arbeitsbilanz des 10 PS. Göttinger Leuchtgasmotors.

hohe Temperaturen besitzen, so wird demnach auch in der Gasmaschine keineswegs das gesamte zwischen der Verbrennungstemperatur und der atmosphärischen Temperatur liegende Temperaturgefälle, sondern nur ein oberer Teil davon ausgenutzt, während sich die Ausnutzung der Dampfmaschine auf einen unteren Teil des gesamten Temperaturgefälles bezieht. Allein von der ersteren Maschine wird doch ein wesentlich grösserer Teil ausgenutzt als von der letzteren, weil die Gasmaschine gleich von der Verbrennungstemperatur aus mit der Arbeitsverrichtung beginnend nicht an so enge Schranken gebunden ist wie die Dampfmaschine.

Der thermodynamische Arbeitswert stellt jedoch nur ein Ideal dar, dem der Ingenieur

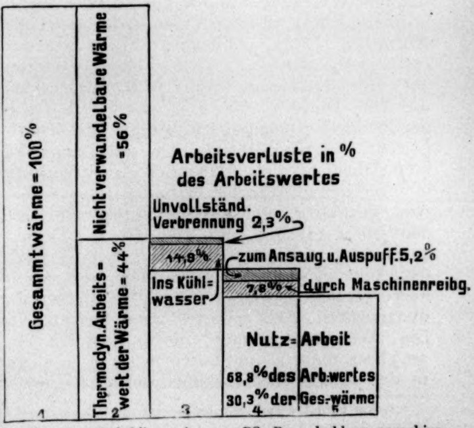


Fig. 5. Arbeitsbilanz einer 70 PS. Braunkohlengasmaschine.

seine Maschine möglichst nahe bringen soll, das aber nie erreicht werden kann. Denn hier handelt es sich wieder um den Kampf mit der rauhen Wirklichkeit: von dem Arbeitswert geht ein Teil durch Unvollkommenheiten verloren, die mit jeder technischen Ausführung unweigerlich verknüpft sind. Zunächst gelingt es, wenn Gas und Luft bei ihrer Zuführung zum Cylinder schlecht gemischt werden, nicht, in der kurzen hierzu verfügbaren Zeit von $^2/_{100}$ und $^5/_{100}$ Sek. das Gemenge vollständig zu verbrennen. Ein Teil des zugeführten Gases geht dann unverbrannt oder zu spät verbrennend durch den Motor. Bei der Göttinger Maschine werden hierdurch 4 Proz. des Arbeitswertes verloren, bei vielen Maschinen der Praxis bis 10 und 20 Proz., bei den besten Maschinen freilich kann man durch sorgfältigste Mischung vollständige Verbrennung erzielen. Ein Hauptverlust entsteht dadurch, dass ein Teil der entwickelten Wärme während des Arbeitsspieles durch die gekühlten Wandungen hindurch an das in dieser Beziehung schädliche, aber doch unvermeidliche Kühlwasser tritt. Dieser Arbeitsverlust kann bei dem heutigen Stande der Gasmotorentheorie nur geschätzt werden: es dürften durch die Wärmeabfuhr an das Kühlwasser beim Göttinger Motor ungefähr 15 bis 16 Proz. des Arbeitswertes an Arbeit verloren gehen und beim 70pferdigen Motor darf ein ähnlicher Betrag angenommen werden.[1]) Von der im Gasmotor erzeugten Arbeit wird ein Teil zum Herbeischaffen der Ladung und zum Ausstossen der Verbrennungsgase wieder aufgebraucht; beim Göttinger Motor 4,2 Proz. und beim 70pferdigen Motor 5,2 Proz. des Arbeitswertes. Schliesslich wird ein weiterer Teil durch Maschinenreibung aufgezehrt und zwar 16,4 Proz. bz. 7,8 Proz. bei den beiden Maschinen. So bleiben denn beim Göttinger Motor nur 60 Proz., beim 70pferd. Motor 69 Proz. vom Arbeitswert als Nutzarbeit übrig, und damit werden bei der ersteren Maschine 19,9 Proz., bei der letzteren 30,3 Proz. der Gesamtwärme in Nutzarbeit verwandelt. Diese Beträge sind durch die Grösse der Rechtecke 5 dargestellt, während die schraffierten Teile der Rechtecke 3 u. 4 die einzelnen vom Arbeitswert abzuziehenden Arbeitsverluste in Form einer graphischen Arbeitbilanz bedeuten. Aus dem Vergleich der Figuren 4 und 5 ist deutlich zu ersehen, dass die bessere Wärmeausnutzung des 70pferd. Motors hauptsächlich dem höheren Verdichtungsgrad und der dadurch hervorgerufenen Vergrösserung des thermodynamischen Arbeitswertes zuzuschreiben ist. Die Wärmeausnutzung dieses Motors von 30,3 Proz. muss als gut bezeichnet werden, denn in den besten Gasmaschinen werden bei möglichst hohem Verdichtungsgrad und möglichster Verringerung der Arbeitsverluste ungefähr 33 Proz. Wärmeausnutzung erzielt.

Bei den Benzin- und Petroleummotoren kann man auch heute noch nach dem geschilderten Arbeitsverfahren wegen der Gefahr von Vorzündungen nicht über den Verdichtungsgrad 4 hinausgehen, da in den Benzin- und Petroleumdämpfen sehr leicht entflammbare Bestandteile enthalten sind. Man erreicht daher in ihnen nur bis 22 Proz. Wärmeausnutzung, ein Wert, den ich auch in diesem Jahre für einen Automobilmotor festgestellt habe.

Auf eine ungemein sinnreiche Art ist es im Dieselmotor gelungen, ohne Gefahr von Vorzündungen zu der technisch ausführbaren Druckgrenze von ungefähr 35 Atm. die Verdichtung zu treiben. Der Viertakt bleibt hier bestehen, aber es wird zunächst reine Luft in den Cylinder angesaugt und nur diese Luft auf 35 Atm. verdichtet, wobei ihre Temperatur auf den hohen Wert von etwa 500° C. steigt. In die hocherhitzte Luft wird nun nach der Verdichtung der Brennstoff eingespritzt und verbrennt in ihr, infolge ihrer hohen Temperatur, ohne dass irgend welche äussere Zündungsvorrichtung erforderlich wäre. Dabei wird der Brennstoff so langsam eingespritzt, dass der Druck während der Verbrennung nicht mehr erheblich steigt. Hierauf erfolgt die arbeitverrichtende Ausdehnung der Verbrennungsgase und der Auspuff wie beim Viertaktmotor. Das Diagramm des Dieselmotors ist in Fig. 6 gegeben,

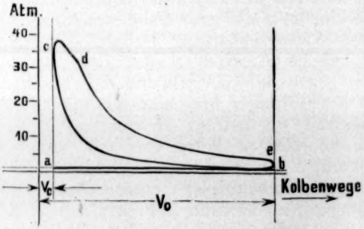


Fig. 6. Indikatordiagramm des Dieselmotors.

a b Ansaugen reiner Luft, *b c* Verdichtung reiner Luft, *c d* Einspritzen und Verbrennen des Brennstoffes, *d e* arbeitsverrichtende Ausdehnung, *e b a* Auspuffen der Verbrennungsgase. Allein auch hier zeigt sich die spröde Wirklichkeit: Das Verfahren des Dieselmotors ist nur für flüssige Brennstoffe verwendbar. Das nachträgliche Einspritzen gasförmiger Brennstoffe in die hochverdichtete Luft wäre zu kraftraubend und die Verbrennung wäre nur sehr unvollkommen. Petroleum und Rohöle als Brennstoff verwendend, erreicht der Dieselmotor 33 Proz. Wärmeausnutzung, und ausserdem ist mit seiner Arbeits-

[1]) Auf Grund dieser Annahmen sind die obigen Zahlen für den thermodynamischen Arbeitswert berechnet worden.

weise eine vorzügliche Regulierfähigkeit verknüpft.

Mit einer Wärmeausnutzung bis zu 33 Proz., wie sie nach dem Gesagten in den besten Gasmaschinen erzielt wird, könnte man nun gegenüber der Dampfmaschine recht zufrieden sein, denn es ist über doppelt soviel als in der letzteren Maschine. Allein, thermodynamische Überlegenheit braucht, wie Sie gleich sehen werden, nicht auch wirtschaftliche Überlegenheit zu sein: wir müssen uns überlegen, dass es nicht auf die Wärmeausnutzung an sich, sondern zunächst auf die Brennstoffkosten ankommt.

Da zeigt sich, dass dieselbe Wärmemenge, aus Leuchtgas oder Petroleum oder Benzin erzeugt, in Deutschland 7 bis 10mal so teuer ist, als wenn sie aus der Kesselkohle selbst entwickelt wäre. Was nützt also die vorzügliche Wärmeausnutzung bei so teuren Brennstoffen! Immerhin war es den Leuchtgas-, Benzin- und Petroleummotoren möglich, die Kleindampfmaschine zu verdrängen, da diese hinsichtlich der Wärmeausnutzung so sehr ungünstig arbeitet, während kleine Gasmaschinen von 10 PS. und darunter noch Wärmeausnutzungszahlen bis zu 25 Proz. aufweisen. Infolgedessen ist die Gasmaschine eine unentbehrliche Kraftquelle im Kleinbetrieb geworden, die sich zudem und über kleine Grössen hinaus überall da empfiehlt, wo der Dampfkessel durch sein Gewicht, seinen Betrieb, seine Bedienung, seinen Raumbedarf oder durch die Forderung, ihn zum Zwecke der Betriebsbereitschaft stets unter Dampf zu halten, lästig fällt. Ich erinnere hier an die Automobilmotoren. Der Dieselmotor hat ausser der besseren Wärmeausnutzung noch den Vorteil, billigere Rohöle verwenden zu können.

Um die thermodynamische Überlegenheit auch wirtschaftlich zur Geltung zu bringen, musste die Gasmotorenindustrie bestrebt sein, ein Gas zu erzeugen, das die Wärme fast ebenso billig abgiebt, wie die Kohle selbst; diese Forderung hat zur Erzeugung von Kraftgas oder Generatorgas geführt.

Man kann Kohle dadurch vergasen, dass man sie in einem Schachtofen nach Fig. 7 über dem Rost *d* aufschüttet, unten in Glut bringt, und nach oben einen Luftstrom durch sie hindurchtreten lässt. Weil hierbei Kohle im Überschuss vorhanden ist, entsteht das Produkt der unvollständigen Verbrennung, Kohlenoxyd, welches selbst wieder ein brennbares Gas ist und im Gasmotor weiter zu Kohlensäure verbrannt werden kann. Bei der Vergasung der Kohle zu Kohlenoxyd werden über 30 Proz. der in der Kohle enthaltenen Wärme frei, erhitzen das erzeugte Gas und entweichen mit diesem als fühlbare Wärme. Da immer etwas Kohlensäure mitentsteht, so beträgt diese fühlbare Wärme sogar mehr als 30 Proz. Vor der Verwendung im Gasmotor muss aber das Gas gereinigt und abgekühlt werden und so müsste die bei der Vergasung entwickelte Wärme von über 30 Proz. vollständig verloren gehen. Um diesen Verlust zu verringern, wird mit der Luft Wasserdampf in den Schachtofen geführt.

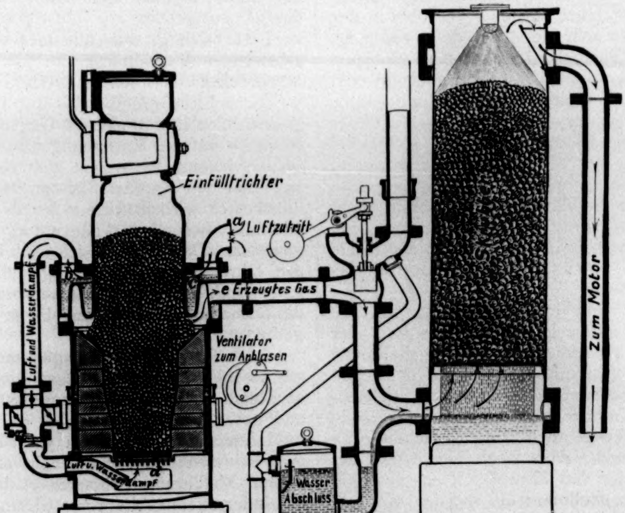


Fig. 7. Schema einer Sauggas-Generator-Anlage.

Sie sehen in *b c* einen Wasserbehälter über dem Schachtofen, der durch die bei *e* abziehenden Gase geheizt wird. Über ihm streicht die von *a* kommende Luft vorbei und sättigt sich hier mit Wasserdampf, ehe sie durch den Rost *d* zum Schachtofen tritt. Der so zugeführte Wasserdampf zersetzt sich an den glühenden Kohlen: es entsteht Kohlenoxyd und Wasserstoff, und zwar wird bei diesem Zersetzungsvorgang Wärme gebunden, so dass die Temperatur der abziehenden Gase und damit die bei ihrer Abkühlung verloren gehende Wärme veringert wird, da einen Teil davon der Wasserstoff chemisch gebunden in den Gasmotor führt und ihn dort bei seiner Verbrennung zur Verfügung stellt. Das auf diese Weise entstandene Kraftgas, das aus etwas CO_2, aus CO, H_2, etwas CH_4 und N_2 besteht, wird in einem sogenannten Skrubber durch Wasserberieselung und häufig noch in einem Sägespänereiniger gereinigt und tritt hierauf zum Motor.

Früher hat man in der Regel den erforderlichen Wasserdampf in einem kleinen Dampfkessel bei ungefähr 4 Atm. Druck erzeugt, so dass er, unter den Rost des Generators geblasen, die Luft in einem Dampfstrahlgebläse mitreissen konnte. Das Gas wurde also unter Druck hergestellt. Man kam aber auf den Gedanken, durch den Motor selbst bei seinem Ansaugehube die Luft durch den Generator saugen zu lassen, was durch den Wegfall des Dampfkessels eine wesentliche Vereinfachung der Anlage und durch den Fortfall des besonderen Brennstoffes für den Dampfkessel eine erhebliche Kohlenersparnis bedeutet. Das auf diese Weise erzeugte Kraftgas nennt man daher Sauggas, von dem in den letzten 3 Jahren sehr viel die Rede gewesen ist.

Ich habe kürzlich eine 200pferdige Sauggasanlage untersucht: 80 Proz. der in der Generatorkohle enthaltenen Verbrennungswärme fanden sich in der Verbrennungswärme des erzeugten Gases wieder; es gingen somit bei der Vergasung nur 20 Proz. Wärme verloren. Der durch die untersuchte Anlage gespeiste Motor hatte in Beziehung auf das ihm zugeführte Kraftgas eine Wärmeausnutzung von 31,6 Proz.; es wurden also von der in der Kohle enthaltenen Wärme 25,3 Proz. in Nutzarbeit des Motors verwandelt.

So scheint denn in der That, da für die besten Vertreter der Dampfmaschine und der Gasmaschine die Wärmeausnutzung beidemal auf Kohle bezogen mit den Zahlen 15 gegen 25 Proz. verglichen werden kann, die thermodynamische Überlegenheit der Gasmaschine in vorzüglicher Weise auch zur wirtschaftlichen geworden zu sein. Aber auch hier muss der Gasmotor wieder den Kampf mit ungünstigen Verhältnissen aufnehmen: die meisten Kohlensorten lassen bei ihrer Erhitzung eine grosse Menge von Teerdämpfen entweichen, die sich mit dem erzeugten Gas mischen, in einfachen Reinigungsapparaten nicht abgeschieden werden können, zur baldigen Verschmutzung der Leitungen und des Motors führen und daher einen Dauerbetrieb unmöglich machen. So grosse Reinigungsanlagen einzubauen, dass der Teer abgeschieden wird, ist wohl technisch möglich, erscheint aber wegen sehr grosser Anlagekosten mit Ausnahme von Sonderfällen (Mondgas) wirtschaftlich unausführbar. Man ist daher auf Kohlensorten angewiesen, die nicht teeren und die ausserdem nicht backen, und diese sind: Anthrazit und Koks. Der Koks liefert keine so gute Wärmeausnutzung, wie ich dies oben angegeben habe und bei Anthrazit zeigt sich leider, dass er z. B. in Berlin um rund 50 Proz. teurer ist als gute Kesselkohle, bezogen auf gleiche Verbrennungswärme. Die Brennstoffkosten für den Gasmotor sind also keineswegs in dem Masse kleiner, in welchem die Wärmeausnutzung grösser ist als bei der Dampfmaschine, zumal da die Wärmeausnützung mit Abnahme der Maschinenbelastung bei der Gasmaschine rascher abnimmt als bei der Dampfmaschine.

Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung gehören aber nicht bloss die Brennstoffkosten, sondern auch die Kosten für Bedienung, Schmierung, Instandhaltung, Wasserbeschaffung, Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals, ausserdem muss gefragt werden nach der Einfachheit, Sicherheit und Anpassungsfähigkeit des Betriebes. So wichtig diese Punkte an und für sich sind, so muss ich doch mit Rücksicht auf die verfügbare Zeit mir versagen, näher darauf einzugehen.

Berücksichtigt man alle hier nicht näher zu erörternden Verhältnisse, so kann man wohl aussprechen, dass jedenfalls in Grössen bis zu 50 PS. und häufig selbst bis 100 PS. die Sauggasmaschine in den meisten Gegenden Deutschlands — auf die Entfernung von den Kohlenzechen kommt es wegen der Kohlenfrachten an — in den Brennstoffkosten und in den Gesamtkosten wirtschaftlicher ist als die Dampfmaschine, besondere Fälle naturgemäss ausgenommen. Daher haben sich auch in den letzten drei Jahren die Saugungsanlagen dieser Grössen von 8 PS. an ungemein rasch verbreitet und die Dampfmaschine in Neuanlagen stark zurückgedrängt.

Auch für grössere Anlagen muss der Sauggasmaschine in vielen Fällen noch eine wirtschaftliche Überlegenheit zugestanden werden und es ist schon eine Reihe solcher Anlagen in Maschinengrössen bis zu 500 PS. im Betrieb oder in Aufstellung. Immerhin aber war man in der Einführung grösserer Anlagen zurückhaltender, da einerseits grössere Dampfmaschinenanlagen wirtschaftlicher arbeiten als kleinere, andererseits aber auch deshalb, weil es erst

in den letzten Jahren gelungen ist, die Grossgasmaschine konstruktiv auszugestalten.

Hier kamen nun äussere Umstände der Entwickelung fördernd entgegen. Und diese Förderung geschah von seiten einer der mächtigsten und thatkräftigsten Industrien, der Eisenhüttenindustrie. Ein gewaltiger Schachtofen oder Generator ist der Hochofen, dessen Schacht mit glühendem Koks und freilich auch mit Eisenerzen gefüllt ist, dem ebenfalls Gebläsewind von unten zugeführt wird, und der nicht bloss das Roheisen erzeugt, sondern auch, wie der oben geschilderte Generator, noch ein brennbares Gas aus seinem oberen Teile entweichen lässt, das Gichtgas. Die Hälfte dieses Gichtgases muss zur Vorwärmung des Gebläsewindes verwendet werden, die andere Hälfte aber steht zu anderen Zwecken frei, und wurde bisher unter Dampfkesseln verbrannt. Bei einem Hochofen von 200 t täglicher Eisenerzeugung können mit dem verfügbaren Gichtgas auf diese Weise in der Dampfmaschine höchstens 2500 PS. erzeugt werden. Hier, wo sich also endlich gasförmiger Brennstoff für die Dampfmaschine und gasförmiger Brennstoff für die Gasmaschine gegenüber stehen, muss nun die Gasmaschine unzweifelhaft im Vorteil sein und in der That vermag sie aus einem Hochofen von 200 t Eisenerzeugung mindestens 5000 bis 6000 PS. zu leisten, also volle 3000 PS. mehr als die Dampfmaschine. So wird dann der Hochofen zur ausgiebigsten Kraftcentrale, die nicht bloss das Hüttenwerk, sondern auch etwa damit verbundene Werke wie das Stahlwerk und das Walzwerk mit Kraft versorgen kann. Aber der Eisenhüttenmann bedarf grösster Maschinen in Einheiten bis zu 3000 PS. und so sah sich die Gasmotorenindustrie plötzlich vor die Aufgabe gestellt, so grosse Maschinen auszubilden. Ich muss mir versagen zu schildern, wie seit den schüchternen Versuchen im Jahre 1895 die Entwicklung der Gichtgasmotoren stetig und rasch vor sich gegangen ist und welch ausserordentliche Schwierigkeiten sich dem Bau so grosser Maschinen entgegenstellten. Wohl wäre dies auch vom Standpunkt der Dynamik und insbesondere der Elastizitätstheorie von grösstem Interesse: Handelt es sich doch um eine ungemein starke Inanspruchnahme der Maschinenteile durch die hohen Verpuffungsspannungen, um gewaltige, bei schlechter Konstruktion die Fundamente erschütternde und zu Stössen in der Maschine führende Massenwirkungen der hin und hergehenden Teile und nicht zum wenigsten um die ungleichmässige Erwärmung eines und desselben Maschinenteiles an verschiedenen Stellen, insbesondere in der äusseren und der inneren Wandung, die wie bei einer ungleichmässig erhitzten Glasplatte zu Brüchen führte. Auch kann ich nicht von der Einführung der grossen Zweitaktmaschinen reden und wie diese wieder befruchtend auf den Bau der Viertaktmaschine gewirkt haben. Hervorheben darf ich, dass auf diesem Gebiete, wie überhaupt im Gasmotorenbau, deutsche Firmen mit einer einzigen Ausnahme die führenden gewesen sind. Wieweit man aber schon gekommen ist, möge daraus hervorgehen, dass in den 6 Jahren bis Oktober 1903 von den deutschen Firmen und einer belgischen Firma insgesamt 400 Stück Grossgasmaschinen über 200 PS. mit insgesamt 300000 PS. Leistung im Bau oder in Ausführung waren, und dass dabei 86 Stück mit rund 120000 PS.

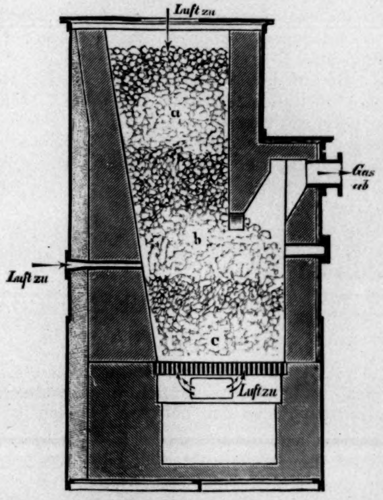


Fig. 8. Braunkohlen-Generator.

Maschinengrössen über 1000 PS. bis zu 3000 PS. betrafen.

Die allgemeine Einführung der Grossgasmaschine mit Kraftgas- oder Sauggasbetrieb ist aber schon deshalb nicht möglich, weil die Industrie von Anthrazit und Koks allein nicht leben kann, sondern auf die Verwendung der Kesselkohle angewiesen ist. So drängt die thermodynamische Bedeutung der Gasmaschine immer gebieterischer zu der Aufgabe, einfache Generatoren zu schaffen, in denen auch teerhaltige und backende Kohlen Verwendung finden können und mit grosser Energie ist seit einigen Jahren auch diese Aufgabe aufgenommen worden. Man sucht die Lösung der Verwendung teerhaltiger Kohlen darin, dass man die der erhitzten Kohle entweichenden Teerdämpfe durch eine glühende Schicht des Generators

leitet, wo sie sich zu beständigeren Gasen zersetzen. Einen solchen Generator sehen Sie in Fig. 8. Luft wird nicht bloss unten, sondern auch oben (*b*) und in der Mitte zugeführt, so dass drei hellglühende Schichten *a*, *b* und *c* entstehen. Das gebildete Gas entweicht seitlich in der Mitte des Schachtofens. Der Brennstoff wird oben eingeworfen. Die Teerdämpfe bilden sich über der Schicht *a* und müssen also diese Schicht und die Schicht *b* durchstreichen, ehe sie abgeführt werden. Freilich lassen sich in einem solchen Generator noch nicht alle Kohlensorten vergasen, immerhin aber ist von einem teilweisen Erfolg zu berichten, indem es einigen Firmen seit etwa Jahresfrist gelingt, Braunkohlen und insbesondere Braunkohlenbriketts nach dem geschilderten grundsätzlichen Verfahren praktisch teerfrei zu vergasen.

Ein aufs höchste erstrebenswertes Ziel wäre die Verwirklichung einer Gasturbine, welche die hervorragende Wärmeausnutzung der Gasmaschine mit der konstruktiven Einfachheit der Dampfturbine vereinigte. Leider vermag man heute noch nicht die hier entgegenstehenden Schwierigkeiten zu überwinden. Die Dampfturbine wird bei ihren konstruktiven Eigenschaften in den nächsten Jahren mit der Grossgasmaschine auf manchen Gebieten in scharfen Wettbewerb treten, aber sie wird auch alle Kräfte auf der Gegenseite zu fieberhafter Thätigkeit anspornen, um die so unzweifelhafte und hervorragende thermodynamische Überlegenheit der Grossgasmaschine auch wirtschaftlich allseitig gegenüber der Dampfmaschine und Dampfturbine durchzusetzen. Möge der Gasmotorenindustrie, die gewappnet mit dem Rüstzeug der Ingenieurwissenschaft und Ingenieurkunst in hingebungsvoller Arbeit schon so Hervorragendes geleistet hat, der volle Erfolg beschieden sein. Denn wenn es ihr gelänge, gewöhnliche Kesselkohle in einfachen Apparaten zu vergasen und dadurch den Kohlenverbrauch und die Brennstoffkosten für die Erzeugung motorischer Kraft auch in der Grossindustrie um fast die Hälfte zu vermindern, so wäre damit ein höchst bedeutsamer Kulturfortschritt erzielt.

BERICHT UND DEBATTE ÜBER DEN NATURWISSENSCHAFTLICH-MATHEMATISCHEN UNTERRICHT AN DEN HÖHEREN SCHULEN.[1]

K. Fricke (Bremen), Über die heutige Lage des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen.[2]

Der Vortrag geht aus von den im Jahre 1901 aufgestellten Hamburger Thesen, die gegen die Ausschliessung des biologischen Unterrichts von den oberen Klassen unserer höheren Schulen Stellung nehmen, und von den entsprechenden Beschlüssen der vorjährigen Naturforscherversammlung in Cassel, und legt dann seinen Standpunkt in der vorliegenden Frage dar: Nicht Fachbildung oder einseitige mathematische oder naturwissenschaftliche Bildung in den höheren Schulen ist das Ziel, sondern mathematische und naturwissenschaftliche Schulung im Rahmen einer allgemeinen menschlichen Geistesbildung, wie sie für das Verständnis der heutigen Kultur und für die lebendige Mitarbeit an ihrer Weiterentwicklung erforderlich ist.

Als in dem protestantischen Deutschland sich das staatliche Schulwesen von der Kirche loslöste, begünstigte der ältere Humanismus wie die Reformation in einseitiger Weise das Studium der alten Sprachen. Auch bei der Reorganisation des preussischen Schulwesens um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts wurde mit dem Wiederaufleben des Humanismus die Vorherrschaft der klassischen Sprachen in den Schulen bestärkt. War auch zuerst in den Süvernschen Lehrplänen für die Gymnasien den aufblühenden Naturwissenschaften ein gewisser Spielraum bewilligt, so wurden diese doch bald unter dem Drucke der mit dem Berechtigungszwange stets wachsenden Überbürdungsklagen immer weiter zurückgedrängt; die Lehrpläne von 1856 bezeichnen in dieser Richtung den Höhepunkt, in ihnen gelangte die Formel von der durch nichts ersetzbaren „formal bildenden Kraft der klassischen Sprachen" zur Alleinherrschaft in der Schule. Gegen diese Übertreibung bildet die etwa gleichzeitig einsetzende Realschulbewegung einen bis in die Gegenwart fortlaufenden Protest. Die als Anstalten für allgemeine Bildung anerkannten neunklassigen Realschulen (Realschule I. O. mit Latein, das spätere Realgymnasium, seit 1859 und die lateinlose Oberrealschule seit 1882) gewähren neben den neueren Sprachen und der Mathematik auch den Naturwissenschaften einen grösseren Raum, sodass von jetzt ab das Schicksal des naturwissenschaftlichen Unterrichts vor-

1) Gesamtsitzung bei der Hauptgruppe am 22. Sept.
2) Vom Vortragenden zur Verfügung gestellter Auszug.

wiegend mit dem Gedeihen dieser Anstalten verknüpft ist. Diese Schulen hatten aber bis in die neueste Zeit einen schweren Stand in dem Kampfe um die Berechtigungen, bis ihnen endlich dank dem persönlichen Eingreifen S. M. des Kaisers die Gleichwertigkeit (Kgl. Erlass vom 13. November 1900) zuerkannt und in der Folge auch in Preussen für die Mehrzahl der höheren Berufsarten eine wenigstens annähernde Gleichstellung zuteil wurde. Vollständig ist freilich auch selbst in Preussen die Gleichberechtigung nicht erreicht und noch weniger in den meisten übrigen deutschen Bundesstaaten.

Diese Ungleichheit begünstigt noch immer das Überwiegen der altsprachlichen Schulen, sodass im Jahre 1902 im Deutschen Reiche auf 482 Gymnasien nur 131 Realgymnasien und 69 Oberrealschulen kamen, in Preussen allein auf 315 Gymnasien nur 87 Realgymnasien und 42 Oberrealschulen, selbst für die technischen Berufsarten mussten daher noch etwa 73 % der Studierenden auf altsprachlichen Gymnasien vorgebildet werden.

Durch diese Bevorzugung der altklassischen Bildung und des Sprachunterrichts überhaupt auf allen unsern höheren Schulen wird aber eine einseitige und falsche Auslese begünstigt, indem einmal der scholastischen Auffassung Vorschub geleistet wird, als ob alle Wissenschaft aus Büchern gelernt werden müsse, anstatt die Fähigkeit der vorurteilsfreien Beobachtung und des selbständigen Urteils erfolgreich zu pflegen, und indem vor allem vielfach nur die arbeitsame Mittelmässigkeit begünstigt wird, selbständige Charaktere aber, die sich dem grammatischen Zwange nicht fügen, ausgeschaltet werden.

Im einzelnen wird dann die Bedeutung der Mathematik für die exakte logische Schulung wie in ihren Beziehungen zu den Naturwissenschaften, insbesondere zu der Physik hervorgehoben, deren Wünsche darzulegen aber dem folgenden Vortrage vorbehalten ist. Der zu der Physik in nahen Beziehungen stehenden Chemie gebührt schon aus dem Grunde ein breiter Raum im Unterrichte, weil ihre Ergebnisse auch das Verständnis für biologische und geologische Vorgänge unterstützen und zugleich auch wertvolle Ausblicke auf das wirtschaftliche Leben der Gegenwart gestatten.

Dass den biologischen Wissenschaften, Botanik, Zoologie, Anthropologie eine Ausdehnung bis in die oberen Klassen gebührt, ist bereits im vorigen Jahre von der Naturforscherversammlung anerkannt und auch heute wird ein besonderes Referat die Bedeutung der Biologie für die allgemeine Bildung behandeln. Ausserdem aber verdient auch die Geologie als selbständiges Unterrichtsfach auf der Schule anerkannt zu werden, und schliesslich ist ein näherer Anschluss des geographischen Unterrichts an den naturwissenschaftlichen in hohem Grade erwünscht.

Alle diese Fächer sind aber an den Gymnasien nur kärglich oder gar nicht und auf den Realgymnasien teilweise auch nur spärlich bedacht; namentlich hat sich zeitweise in den Reformrealgymnasien die Tendenz einer fortschreitenden Zurückdrängung des naturwissenschaftlichen Unterrichts bemerklich gemacht. Den breitesten Spielraum gewähren die Oberrealschulen unserm Unterrichte, aber infolge der geringeren Berechtigungen stehen sie an Zahl den übrigen Schularten bei weitem nach, so dass ihr Lehrgang nur verhältnismässig wenigen zugute kommt. Aber auch ihnen fehlt wie allen übrigen ein biologischer Unterricht in den oberen Klassen. Die Möglichkeit der Durchführung ergiebt sich nicht nur aus dem Hinweis auf den Lehrplan der preussischen Realschulen vor 25 Jahren, sondern z. B. auch durch einen Vergleich mit den österreichischen Schulen. Geeignete Lehrer werden sich schon finden, sobald sich ihnen ein ausreichendes Feld für ihre Thätigkeit eröffnet.

Ein wissenschaftlich und methodisch vorgebildeter Lehrerstand ist aber die unerlässliche Vorbedingung für eine gedeihliche Entwicklung des Unterrichts. Die wissenschaftliche Ausbildung der Lehrer erfolgt durch den Universitätsunterricht und in dankenswerter Weise wird gegenwärtig in den Ferien-Kursen auch über die Studienzeit hinaus die lebendige Fühlung mit der Wissenschaft gefördert. Die methodische Durcharbeitung des Stoffes hat der Lehrerstand im wesentlichen aus eigener Kraft begonnen, wofür die zahlreiche Unterrichtslitteratur und die Thätigkeit des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften Zeugnis ablegt. Aber auch in dieser Hinsicht ist die Fühlung mit der Hochschule erwünscht, namentlich im Interesse der Heranbildung der Lehramtskandidaten.

Als ein wesentlicher Erfolg der bevorstehenden Verhandlungen würde es begrüsst werden, wenn sich in immer weiteren Kreisen der Naturforscher, insbesondere auch an den Hochschulen die Überzeugung von der Wichtigkeit der Fragen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Schulunterrichts Bahn brechen würde. Das gedeihliche Zusammenwirken von Universität und Schule ist ein Vorzug, der dem philologischen Unterrichte schon lange zugute kommt. Bei aller Achtung von der hohen Bedeutung einer litterarisch-ästhetischen und historischen Bildung, wie sie der Sprachunterricht bietet, hegen wir doch die Überzeugung, dass die Ergebnisse der Naturforschung im Interesse

einer echt menschlichen Geistesbildung, eines Humanismus in wahrem Sinne des Wortes, nach Inhalt und Methode ausgiebige Berücksichtigung verdienen bei der Heranbildung unserer Jugend, die wir mit dem Besten ausrüsten wollen, was menschliche Erziehungskunst und Wissenschaft zu bieten vermag.

F. Klein (Göttingen), Bemerkungen zum mathematischen und physikalischen Unterricht.

Hochverehrte Anwesende! Ich möchte Ihnen als Einleitung zu dem von mir zu gebenden Referate einige Schriften vorlegen, welche ich mit meinen Göttinger Kollegen zusammen, insbesondere meinem alten Freunde E. Riecke, über die hier in Betracht kommenden Fragen neuerdings veröffentlicht habe. Diese Schriften sind aus dem Ferienkurs für Oberlehrer der Mathematik und Physik entstanden, welcher alle zwei Jahre in Göttingen statthat[1]) und an dem Riecke und ich nach dem seitherigen Turnus alle vier Jahre beteiligt waren. Besagter Kurs giebt uns in längeren Intervallen willkommenen Anlass, uns darauf zu besinnen, was wir den Herren, die zu uns kommen, nicht nur an neuen Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung, sondern auch an Überlegungen und Nachweisen, die für den Unterricht an den höheren Schulen unmittelbar dienlich sein möchten, mitgeben können. Ich habe hier zunächst einen ersten Sammelband hierher gehöriger Vorträge, der unter dem Titel: Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen im Jahre 1900 erschien (Leipzig, Teubner). Der Titel lässt ja auch den Fernerstehenden erkennen, um welchen besonderen Stoff es sich handelt. Ich will aber zur Orientierung hinzufügen, dass der Ruf nach stärkerer Berücksichtigung der Anwendungen im mathematischen und physikalischen Unterricht seit 1890 etwa an den höheren Schulen wie an den Universitäten immer stärker hervorgetreten ist, und dass es sich nun darum handelte, Inhalt und Bedeutung der neu herankommenden Gebiete in übersichtlicher Darstellung vorzuführen.[2]) Die neue Prüfungsordnung für Lehramtskandidaten von 1898 hat angewandte Mathematik geradezu als neues Prüfungsfach eingeführt. — Ich habe hier ferner die beiden ersten Hefte eines neuen Sammelbandes (Leipzig, Teubner, 1904), der von vornherein als ein Beitrag zu der heute in Breslau stattfindenden Debatte geplant war, — es fehlt noch das dritte Heft, in welchem Fr. Schilling (bisher Göttingen, nunmehr Danzig) über die Anwendungen der darstellenden Geometrie, insbesondere über die Photogrammetrie handelt; dasselbe hat wegen der vielen Figuren leider noch nicht völlig fertig gestellt werden können. Trotzdem mag hier vorweg gerade auf dieses Heft verwiesen sein, weil mir daran liegt hervortreten zu lassen, dass bei unserer Anteilnahme an den Reformbestrebungen des mathematischen und physikalischen Unterrichts die Fürsorge für die Entwickelung der Raumanschauung keineswegs zurücktritt, wir umgekehrt derselben, indem wir dem Worte „darstellende Geometrie" die denkbar weiteste Interpretation geben, ganz besondere Sorgfalt zuteil werden lassen möchten. Das zweite Heft (um rückwärtsgehend den Bandinhalt aufzuzählen) bringt neben pädagogischen Erwägungen über Inhalt, Methode und Ziel des physikalischen Unterrichts an den Schulen (die den weiter unten noch ausführlicher zu nennenden Tendenzen parallel gehen), insbesondere auch einen flott geschriebenen Artikel von K. Schwarzschild über astronomische Beobachtungen mit elementaren Hilfsmitteln.[1]) Das erste Heft endlich mit dem Titel: Über eine zeitgemässe Umgestaltung des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen behandelt in Aufsätzen von E. Götting und mir die brennende Frage, ob und inwieweit elementare Teile der Differential- und Integral-Rechnung in den Schulunterricht hereingenommen werden sollen. Wir befürworten diese Massregel ganz allgemein (d. h. für alle Schulgattungen), aber zugleich in vorsichtigster Weise. Ersteres, weil ein Verständnis der mathematischen Elemente unserer modernen Kultur ohne Kenntnis und Beherrschung des Funktionsbegriffs (wenigstens in seiner anschaulichen, durch den Verlauf einer Kurve gegebenen Form) unmöglich scheint, wogegen andere, von früher überkommene, aber für den allgemeinen Schulzweck nicht mehr gleich wichtige Teile der Mathematik zurücktreten können, — letzteres, weil in keiner Weise die Meinung sein kann, das mathematische Pensum unserer Gymnasien oder höheren Real-

---

1) In den Zwischenjahren (1901, 1903 etc.) findet dann jeweils ein Ferienkurs in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern statt.

2) Die Einzelvorträge waren: E. Riecke, Geschichte des physikalischen Unterrichts; F. Klein, Allgemeines über angewandte Mathematik und insbesondere technische Mechanik; Fr. Schilling, Darstellende Geometrie; E. Wiechert; Geodäsie; G. Bohlmann, Versicherungsmathematik; Eug. Meyer, Wärmekraftmaschinen; Th. Des Coudres, Elektrotechnik.

1) Die physikalischen Beiträge sind: E. Riecke, Grundlagen der Elektrizitätslehre mit Beziehung auf die neueste Entwickelung; O. Behrendsen, Physik und Chemie an den höheren Schulen; J. Stark, Physik an der Schule; E. Bose, Kurse in physikalischer Handfertigkeit.

anstalten zu vermehren oder auch nur zu erschweren. Weiter hierüber in Einzelheiten einzugehen, verbietet sich im Augenblicke von selbst und ist auch insofern nicht nötig, als der Gegenstand gestern in einer gemeinsamen Sitzung der nächstbeteiligten Sektionen bereits eingehend durchgesprochen wurde.

Verzeihen Sie, dass ich solange bei diesen Göttinger Schriften verweilte. Sie erkennen jedenfalls, dass ich mit meinen Kollegen zusammen schon seit Jahren den uns zunächst betreffenden Unterrichtsfragen unserer höheren Schulen besondere Aufmerksamkeit zuwende und ich also an das heutige Referat nicht etwa, wie man vielleicht glauben möchte, vom einseitigen Standpunkte des Universitätsmathematikers heranging. Immer aber schien mir als Vorbereitung zu dem Referate erwünscht, meine Kenntnis der Verhältnisse auch noch durch weitere persönliche Bezugnahme mit denjenigen Kreisen zu ergänzen, die entweder mitten in der Unterrichtsarbeit an den höheren Schulen stehen oder aber dem mathematischen und physikalischen Unterricht unter anderen Gesichtspunkten besonderes Interesse zuwenden.

In ersterer Hinsicht darf ich anführen, dass ich nicht nur mit vielen einzelnen hervorragenden Lehrern höherer Schulen ausführlich Bezug nahm, sondern insbesondere auch mit den offiziellen Vertretern desjenigen Oberlehrervereins, der allen hierher gehörigen Problemen seit Jahren besondere Aufmerksamkeit widmet, des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften; ich nehme an, dass der Vorsitzende dieses Vereins, Herr Pietzker, der hier anwesend ist, hernach selbst das Wort ergreifen wird. Einer der grössten Schäden, unter welchen der Betrieb der mathematisch-naturwissenschaftlichen Studien seither in Deutschland litt, war die Entfremdung zwischen den Vertretern der höheren Schulen und der Hochschulen; möge dieselbe durch die persönliche Aussprache der letzten Tage wenigstens auf dem Gebiete der Mathematik dauernd überwunden sein!

Ferner aber kann ich berichten, dass ich an einer Vorbesprechung der uns heute interessierenden Unterrichtsfragen teilnahm, welche der Verein deutscher Ingenieure im Hinblick eben auf unsere Breslauer Verhandlungen in voriger Woche in München veranstaltete. Es genüge zu sagen, dass sich dort im allgemeinen eine erfreuliche Übereinstimmung hinsichtlich aller Grundfragen zeigte. Der Verein deutscher Ingenieure hat es sich nicht nehmen lassen wollen, an der heutigen Besprechung durch eigene Delegierte teilzunehmen, insbesondere wird der Kurator des Vereins, Herr v. Borries, hernach eine programmatarische Erklärung des Vereins zur Kenntnis der Versammlung bringen. Ich begrüsse dieses Zusammengehen des Ingenieurvereins mit der Naturforscherversammlung auch aus allgemeinen Gründen mit besonderer Freude: vereint werden wir, zunächst in der Unterrichtsfrage, ein ganz anderes Gewicht haben, als wenn jedes einzeln operiert. Es sind übrigens bereits auch Vorbereitungen im Gange, welche eine entsprechende Verbindung mit den massgebenden Kreisen der praktischen Chemiker anbahnen sollen. Wenn aber jemand fürchten sollte, bei diesen Verbindungen würden die Interessen der theoretischen Wissenschaft unbillig zurückgedrängt, so meine ich, antworten zu können, dass dies von keiner Seite beabsichtigt wird, dass die Verhandlungen vielmehr von vornherein in besonnerer Erwägung aller nebeneinander in Betracht kommender idealer und praktischer Gesichtspunkte geführt werden sollen.

Hochgeehrte Anwesende! Wenn ich solcherweise einigermassen vorbereitet vor Sie hintrete, so beabsichtige ich trotzdem heute noch in keiner Weise, so wenig wie mein verehrter Herr Vorredner, Ihnen bestimmte Thesen vorzulegen oder gar Sie um Annahme von Thesen zu bitten. Der Gegenstand ist dazu viel zu umfangreich und vielseitig, insbesondere auch das Verhältnis zwischen den biologischen Wünschen und denjenigen, die ich zu vertreten habe, noch nicht genügend geklärt. Die Formulierung bestimmter Thesen wird später möglich sein, wenn erst die Dinge, wie ich hoffe, in einer grösseren von der Naturforscherversammlung einzusetzenden Kommission allseitig durchgesprochen sein werden. Heute ist meine Aufgabe nur, Sie über die neueren Bestrebungen und die hervortretenden Bedürfnisse auf den Gebieten des mathematischen und physikalischen Unterrichts unserer höheren Schulen im allgemeinen zu orientieren und damit hoffentlich Ihr ganzes Interesse für diese Fragen und Ihre dauernde Mitwirkung zur Förderung derselben zu gewinnen. Die philologischen Kreise können uns ein Vorbild sein! Sowie durch die Schulreform von 1900 die neue Grundlage gegeben war, haben sie mit grösstem Eifer eingesetzt, um innerhalb der neu gegebenen Bedingungen ihren Unterrichtsbetrieb von innen heraus zu beleben und zu kräftigen. Die Vertreter der alten wie der neuen Sprachen sind gleichmässig an der Arbeit. Dabei zeigt sich eine erfreuliche Kooperation aller beteiligten Kreise an Schule und Universität und eine uns bislang unbekannte Unterstützung auch durch die Schulbehörden. Möchten wir bald auf unserer Seite von etwas ähnlichem berichten können!

Um nunmehr zu besonderen Bemerkungen über den mathematischen Unterricht überzugehen, muss ich zunächst erwähnen, was Ihnen allen bekannt genug ist, nämlich, dass im letzten Jahrzehnt in ausgedehnten Kreisen, die weit auch in den Bereich der Naturforschergesellschaft hereingreifen, eine stark antimathematische Strömung hervortrat, die wie eine mächtige Woge den Besitzstand überflutet, dessen sich die Mathematik in Wissenschaft und Unterricht seither erfreute, und denselben vielfach wegzuschwemmen droht. Die philosophische Überlegung: dass Wogen vorüberziehen, dass auf schlechtes Wetter immer wieder auch gutes folgt, erschöpft glücklicherweise nicht das, was Ihr Referent zu dieser Erscheinung zu sagen hat. Ich habe vor allen Dingen auszusprechen, dass die gesamte Bewegung ihre Stärke aus gewissen Einseitigkeiten zieht, mit denen der mathematische Gedanke vielfach zur Geltung gebracht wurde. In den Gebieten der Anwendungen ist es der verfrühte mathematische Ansatz, der ohne genauere Kenntnis der in Wirklichkeit massgebenden Bedingungen vorangestellt wird und dann das Interesse von der Erfassung der eigentlichen Fragen ablenkt; beim Unterricht ist es die ausschliessliche Betonung der logischen Zusammenhänge unter Zurückschiebung der psychologischen Momente. Die logische Überlegung ist für die Mathematik, was das Skelett für den tierischen Organismus (der ohne das Skelett keinen Halt hat), aber es wäre eine merkwürdige Zoologie und ein sehr verfehlter zoologischer Unterricht, der vom Beginn an nur von dem Knochengerüst der Tiere handeln wollte! Es fehlt die Zeit, um diese Bemerkungen hier weiter auszuführen. Hoffen wir, dass die Einseitigkeiten, die bei uns bestanden haben mögen, in nicht zu ferner Zeit überwunden sein werden und dass dann der mathematische Gedanke nach der ihm innewohnenden unzerstörbaren Kraft in neuer Stärke hervortreten wird! Dies ist jedenfalls das Programm, welches ich gegenüber der berührten Frage vertrete.

Glücklicherweise kann ich nun ferner berichten, dass der Umschwung in der Vertretung der Mathematik nach aussen hin, den ich allgemein befürworte, im Unterrichte an den höheren Schulen schon lange Zeit eingeleitet und weit fortgeschritten ist. Die Bewegung reicht in ihren Anfängen mindestens 30 Jahre zurück, aber hat bis jetzt, wie es scheint, in allgemeinen Kreisen noch nicht diejenige Beachtung gefunden, die sie verdient. Da ist zunächst die Voranstellung der genetischen Unterrichtsmethode statt der in früheren Dezennien herrschenden deduktiven, sodann die selbständige Pflege der Raumanschauung durch Konstruktion und Zeichnung (auf die ich schon in meinen einleitenden Bemerkungen Bezug nahm), endlich die Berücksichtigung der Anwendungen beim Unterricht (die ich ebenfalls bereits nannte) —, also der Beziehungen der Mathematik zu der exakten Naturwissenschaft und allen der mathematischen Formulierung fähigen Gebieten des Lebens. Das logische Element soll darum nicht verkümmern, sondern auf Grund der anderweitigen begleitenden Entwickelungen allmählich, von Klasse zu Klasse fortschreitend, immer deutlicher herausgearbeitet werden. — Und hier ordnet sich nun das, was ich mit meiner neuen Schrift will, als eine Fortsetzung des Begonnenen ein. Das funktionentheoretische Denken in der sozusagen naiven Form, in der es von den grossen Mathematikern des 18. Jahrhunderts entwickelt wurde, also die elementare Lehre von der Differential- und Integralrechnung, hat im Laufe des neunzehnten Jahrhunderts alle Gebiete exakter Forschung immer vollständiger durchdrungen, — von der Physik beginnend, die sich in dieser Hinsicht als erste neben die von je mathematisch formulierte und darum als Vorbild dienende Astronomie stellte, bis hin zur Statistik und dem Versicherungswesen. Den Unterricht an den höheren Schulen so zu führen, dass der Schüler instand gesetzt werde, die solcherweise gewonnene Geltung der Mathematik nach ihrer allgemeinen Bedeutung zu verstehen, das ist die Aufgabe.

Ich will doch ausdrücklich aussprechen, dass ich die Gedanken, welche ich in dieser Hinsicht in meiner neuen Schrift entwickele, keineswegs als neue Entdeckungen ansehe. Sie finden in der Schrift selbst vielfache Bezugnahme auf andere Autoren, welche dasselbe Ziel verfolgen, insbesondere die sehr bemerkenswerten neuen Bestrebungen der Franzosen. Sie finden auch die Angabe, dass sich die Praxis unserer Schulen, ohne dass dies nach aussen besonders hervortritt, dem Ziele, welches ich befürworte, bereits wesentlich genähert hat. Ich habe für vielfache Zuschriften und Mitteilungen zu danken, die mich hierüber noch genauer belehrten. Um nur zwei Namen zu nennen, die ich in meiner Schrift noch nicht aufführte, so verweise ich hier auf die Programmabhandlungen von Seeger († Direktor des Realgymnasiums in Güstrow), wo in überzeugender Weise dargethan wird, dass man in der Physik ohne eine systematische Auseinanderlegung der Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung nicht auskommt, wenn man sich nicht ungenauester Ausdruckweisen und doch wieder sehr gequälter Überlegungen bedienen will[1]), dann auf verschiedene Publi-

1) Man sehe z. B. die Programmabhandlung des Realgymnasiums zu Güstrow: „Bemerkungen über Abgrenzung und Verwertung des Unterrichts in den Elementen der Infinitesi-

kationen von A. Höfler (damals in Wien, jetzt in Prag), der schon vor Jahren einer Einführung der Differential- und Integralrechnung in beschränkter Form auch in den Unterricht der humanistischen Gymnasien das Wort redete.[1]) Es gilt nicht mehr, neue Gedanken zu finden, sondern die richtigen Gedanken innerhalb der gegebenen Verhältnisse in richtiger Weise zur Geltung zu bringen. Wir wären weiter, wenn das verflossene Jahrhundert der Verbreitung allgemeinerer mathematischer Kenntnisse in weitere Kreise nicht vielfach ungünstig gewesen wäre. So hat der herrschende Neuhumanismus mit seinen vorwiegend literarisch-ästhetischen Interessen mannigfach hemmend gewirkt, — für den Neuhumanismus kommt die Mathematik, wenn überhaupt, so nur nach ihrem formalen Werte, nicht nach ihrem Inhalt in Betracht, im strikten Gegensatz zu der Wertschätzung, deren sich unsere Wissenschaft im Zeitalter des Rationalismus erfreute. Eine besondere Hemmung hat sich aber auch daraus ergeben, dass die mathematischen Forscher, insbesondere an den Hochschulen, in ihrer Mehrzahl ausschliesslich von den Interessen ihrer Spezialität beherrscht waren. Sollte die Hoffnung trügen, dass sich mit dem beginnenden 20. Jahrhundert ein Umschwung zu Gunsten der hier vertretenen Tendenzen vorbereitet?

Es ist ja unmöglich, hier tiefer in Einzelheiten einzugehen. Daher will ich den Unterschied der humanistischen Gymnasien und der höheren Realanstalten hinsichtlich der von ihnen zu erreichenden Ziele des mathematischen Unterrichts nur eben streifen. Das Wesentliche für die von mir vertretene Auffassung ist, dass sich der mathematische Unterricht in das allgemeine Lehrziel der jeweiligen Schule einfügt. Er wird also an den humanistischen Gymnasien mehr nach historischer sowie nach philosophischer Seite ausgreifen, an den Realanstalten mehr nach seiten der Anwendungen und der praktischen Fähigkeiten. Alles übrige lasse ich an dieser Stelle unbestimmt, indem ich wegen der Ausführungen auf meine Schrift verweise (in der u. a. von einem spezifisch mathematisch-naturwissenschaftlichen Ideale der höheren Realanstalten die Rede ist). Hier kann nur das für alle Schulgattungen gemeinsam Geltende klar hingestellt werden. Ich werde in dieser Hinsicht noch sagen, dass der mathematische Unterricht, wie ich ihn hier befürworte (übrigens soweit in genauer Übereinstimmung mit den 1901 erschienenen neuen preussischen Lehrplänen), zur wesentlichen Entlastung der Nachbarfächer beitragen wird. Denn wir werden in der Lage sein, die mathematische Behandlung physikalischer Aufgaben, die in den physikalischen Stunden die freie Entfaltung des physikalischen Gedankens so häufig hemmt, in die mathematischen Stunden hereinzunehmen, ebenso beispielsweise die für die Schule unerlässlichen mathematischen Entwickelungen aus den Gebieten der Geographie und Astronomie. Wir werden in dieser Hinsicht die besten Freunde der Naturwissenschaften sein und verlangen dafür nur eines: dass man uns die bisherige Stundenzahl belässt (4 Stunden auf den Oberklassen der Gymnasien, 5 Stunden desgl. auf den Realanstalten). Es ist an sich ein Unding, die Stundenzahl eines Faches in dem Augenblicke vermindern zu wollen, wo man demselben erweiterte Aufgaben stellt. Wir brauchen unsere jetzige Stundenzahl, weil der mathematische Unterricht nur erfolgreich ist, wenn er mit einer gewissen Breite auf den Schüler wirkt, so dass dieser sich das Gehörte als wirkliches geistiges Eigentum erwirbt, wozu fortwährende Übung an Aufgaben und vielfache Wiederholung unerlässlich ist. Nach dem Urteil aller erfahrenen Lehrer, mit denen ich hierüber sprach, sind hierfür die seither geltenden Stundenzahlen eben ausreichend. Es ist also sehr bedenklich, dass die Reformgymnasien die Zahl der Mathematikstunden auf den oberen Klassen auf 3 herabgesetzt haben; die Stundenvermehrung, welche sie dafür der Mathematik in den mittleren Klassen konzediert haben, scheint um so weniger ein Äquivalent zu bieten, als in den Oberklassen der Reformschulen, wie schon mein geehrter Herr Vorredner betonte, alle Unterrichtsenergie den sprachlichen Fächern zugute kommt. Wir protestieren namentlich aber auch gegen die Verordnung von 1892, die den mathematischen Unterricht auf der Tertia der Gymnasien, trotzdem dort Geometrie und Algebra beide zum ersten Male in wissenschaftlicher Form einsetzen, auf nur 3 Stunden herabdrückt.

Ich habe endlich noch an meine engeren Fachgenossen eine Bitte. Im Bereiche der hohen mathematischen Forschung stehen zur Zeit die Untersuchungen über die Grundlagen unserer Wissenschaft, ihre Voraussetzungen, oder, wie man lieber sagt, ihre Axiome im Vordergrunde des Interesses. Es liegt so nahe, dass ein eifriger Mathematiker es unternimmt, die hierin erreichten Fortschritte in den Schulunterricht hineinzutragen. Geschieht dies in vorsichtiger Form, mehr andeutungsweise, in Prima, vor Schülern, die der Lehrer erfolgreich an abstraktere Gedankengänge gewöhnt hat, so wird dies niemand tadeln. Aber es giebt Verfasser, die ihre für die Schule bestimmten Lehrbücher

---

malrechnung" (Ostern 1894). — Ein Mittelpunkt für den Betrieb der Infinitesimalrechnung ist seit Anfang der 70er Jahre insbesondere auch das Wiesbadener Realgymnasium gewesen.

1) Vergl. z. B. „Bemerkungen zu den Berliner Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts." (Österreichische Mittelschule, V. Jahrgang, Wien 1891.)

mit einer ausführlichen und abstrusen Darlegung neuer Axiomsysteme beginnen. Das mag wissenschaftlich sehr interessant sein — bei unseren Lehrern werden Sie damit keinen Erfolg haben. Die deutsche Schule, wie sie sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt hat und entwickeln musste, weist solche Versuche unbedingt zurück. Ihr erster Grundsatz ist, überall an die Fassungskraft und das natürliche Interesse ihrer Zöglinge anzuknüpfen. Das Vorbild des Euklid, mit dem man von je das entgegengesetzte Verfahren gestützt hat, ist irreleitend. Man sollte jeder Ausgabe des Euklid vordrucken, dass der grosse Verfasser der „Elemente" ganz gewiss nicht für Knaben geschrieben hat! Im übrigen, wenn Sie hierüber und über sonstige Fragen des mathematischen Unterrichts Ausführlicheres von berufener Seite suchen, so verweise ich Sie auf die Vorträge, welche hervorragendste französische Mathematiker hierüber im letzten Sommer gehalten haben.[1]) Lesen Sie insbesondere, was dort H. Poincaré über die spezielle hier vorliegende Frage sagt![2])

Gestatten Sie mir nunmehr, hochgeehrte Anwesende, entsprechende Ausführungen über den physikalischen Unterricht. Dass der physikalische Unterricht an den Schulen einen ganz anderen Zweck hat, als der mathematische, dass er naturwissenschaftliche Beobachtung und naturwissenschaftliches Denken zu üben hat und dass hierbei die Mathematik nur die Bedeutung eines allerdings unerlässlichen Werkzeugs hat, darüber sind nachgerade wohl alle beteiligten Kreise einig. Von hier aus ergibt sich ein allgemeiner erfreulicher Aufschwung des physikalischen Betriebs, der aber auf allerlei Schwierigkeiten stösst, die ich hier bezeichnen muss.

Da ist zunächst die Beschaffung ausreichender Sammlungen und Arbeitsräume, die nicht ohne grössere finanzielle Mittel durchgeführt werden kann (soviel im einzelnen durch gemeinsame Beschaffung zweckmässiger Apparate etc. gespart werden mag). So viel zu sehen, ist die Lage der einzelnen Anstalten in dieser Hinsicht sehr ungleich. An einzelnen,

1) Conférences du musée pédagogique, Paris 1904: L'enseignement des sciences mathématiques et des sciences physiques par MM. H. Poincaré, G. Lippmann, L. Poincaré, P. Langevin, E. Borel, F. Marotte avec une introduction de M. L. Liard.

2) Vergl. auch verschiedene Stellen in H. Poincaré, La science et l'hypothèse (deutsch von F. und L. Lindemann unter dem Titel: Wissenschaft und Hypothese, Leipzig, Teubner, 1904). — Ich verweise gern auch noch allgemein auf den Artikel von F. Marotte: „les récentes réformes de l'enseignement des mathématiques dans l'enseignement secondaire français" im neuesten Hefte der Jahresberichte der Deutschen Mathematikervereinigung (Sept. 1904), sowie eine Reihe anderer französischer Publikationen, die bereits in meiner Schrift: „Über eine zeitgemässe Umgestaltung etc." citiert sind.

insbesondere städtischen Schulen ist ganz Hervorragendes geleistet, während die Dinge anderwärts noch sehr im Rückstande sind.

Da ist ferner die steigende Unmöglichkeit, mit der gegebenen Stundenzahl (2 an den Oberklassen der Gymnasien, 3 an den Realanstalten) auszukommen.

Dieselbe resultiert zunächst aus dem immer rascher werdenden Fortschreiten der Wissenschaft selbst. Jedes Jahr bringt neue Entdeckungen nach praktischer wie nach theoretischer Seite, welche zu ignorieren unmöglich ist. Ich nenne nur elektrische Kraftübertragung, Röntgenstrahlen, Radioaktivität. Wollten Sie von diesen Dingen in der Schule schweigen, die Schüler selbst würden mit unbequemen Fragen an Sie herantreten. Und gleichzeitig wächst die Physik immer mehr mit den Nachbarwissenschaften zusammen. In erster Linie mit der Chemie; man wird im physikalischen Unterricht eine gewisse Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Fragen nicht mehr abweisen können. Aber auch psychologische und erkenntnistheoretische Dinge müssen erörtert werden, beispielsweise, wenn von der Farbenwahrnehmung oder überhaupt der Gesichtswahrnehmung im Gegensatz zu der rein physikalischen Theorie des Lichtes gehandelt wird. —

Die in Rede stehende Unmöglichkeit resultiert aber nicht minder aus den Fortschritten der Methodik. Man geht immer mehr darauf aus, die Selbsttätigkeit des Schülers in den Vordergrund zu rücken, in geeigneter Verbindung mit dem sonstigen physikalischen Unterricht physikalische Schülerübungen einzurichten. Wie immer man dieselben organisieren mag, sie verlangen einen beträchtlichen Mehraufwand von Zeit; schreiten doch die Übungen naturgemäss viel langsamer fort als ein systematischer Lehrvortrag.[1])

Nun hat man ja allerlei Erleichterungen vorgeschlagen, deren jede an ihrem Teile nützlich ist. Einmal Entlastung der physikalischen Lehrstunden durch einen zweckmässig geleiteten mathematischen Unterricht, worauf schon oben hingewiesen wurde. Dann Beiseitelassung aller minder wichtiger Kapitel der Physik, insbesondere solcher Einzelausführungen, die sich überlebt haben (wie zahlreiche Experimente der Elektrostatik). Ferner Anreihung des Stoffes an eine auf vorangehende Kenntnis der Mechanik gestützte Energetik.[2]) Endlich neuerdings Einrichtung propädeutischer physikalischer Kurse

1) Vergl. wegen aller dieser Dinge einen Aufsatz von H. Hahn im Sonderheft 3 der Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht, Herbst 1904.

2) So O. Behrendsen in dem neuen Göttinger Sammelbande.

in den mittleren Klassen, wie sie übrigens in Österreich längst bestehen.[1])

Inzwischen scheint es, dass alle diese Erleichterungen nicht ausreichen. Jedenfalls rufen die Physiklehrer lebhaft nach mehr Stunden, wie dies andererseits mit dringenden Gründen die Vertreter der übrigen naturwissenschaftlichen Fächer tun. Die Änderungen im mathematischen Unterricht, die ich oben befürwortete, betreffen nur den inneren Betrieb der Mathematik selbst; sie können dementsprechend, sobald man will, ohne weiteres durchgeführt werden. Physik und die anderen Naturwissenschaften aber gehen mit ihren Wünschen wesentlich weiter, sie treten entweder miteinander oder mit anderen Unterrichtsfächern in Kollision. Es wird die schwierige Aufgabe Ihrer Kommission sein, hier einen gangbaren Ausweg zu finden. Schon hier aber bitten wir die Schulbehörden, diesen Fragen alle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Was den Unterricht in Physik und Chemie angeht, so scheint kein Zweifel zu sein, dass das Ausland die deutschen Schulen vielfach überflügelt hat.[2]) Und zwar wird die grosse Sorgfalt, die beispielsweise in England und Amerika dem physikalischen und chemischen (wie auch dem mathematischen) Unterrichte neuerdings zugewandt wird, ausdrücklich damit begründet, dass man hofft, solcherweise die Bevölkerung für den Konkurrenzkampf der Nationen auf dem Gebiete der Industrie und der militärischen Geltung tüchtiger zu machen! Fürwahr ein wichtiger Grund, vielleicht mehr geeignet, unseren Wünschen bei den massgebenden Instanzen Gehör zu verschaffen, als alle die idealen Überlegungen, mit denen wir sonst operieren.

Im übrigen aber sei hier generell auf Poskes Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht aufmerksam gemacht, in der alle hier interessierenden Fragen nun schon lange Jahre hindurch eine ebenso vielseitige als von grossen Gesichtspunkten geleitete Vertretung gefunden haben. Vielleicht wäre es gut, wenn die Fachgenossen an der Universität und der technischen Hochschule den dort hervortretenden Bestrebungen unserer Oberlehrerkreise eine erhöhte Aufmerksamkeit zuwenden wollten. Ich habe den Eindruck, dass in dem Masse, wie diese Bestrebungen an der Schule Boden gewinnen, die für unsere jungen Studenten bestimmte einleitende Vorlesung über Experimentalphysik höher einsetzen könnte, zumal wenn gleichzeitig der mathematische Unterricht an den Schulen eine für das physikalische Studium geeignetere mathematische Vorbildung zur Verfügung stellen wird.

Die Heranbildung tüchtiger Lehrer — das ist schliesslich der Punkt, der bei allen Reformbewegungen, die wir für die höheren Schulen hegen mögen, als der wichtigste allen anderen voransteht. Ich möchte hierüber umso lieber einige Worte sagen, als hier die Stelle ist, wo die Universität zu unmittelbarer Mitwirkung berufen ist und ich dementsprechend aus eigner Erfahrung reden kann. Es gilt eine doppelte Gefahr zu vermeiden. Einmal, dass wir zu hoch greifen und die Ausbildung des späteren Oberlehrers mit derjenigen des Akademikers verwechseln, für den wissenschaftliche Konzentration auf ein einzelnes Problem bis hin zur Erprobung der eigenen produktiven Kraft als Hauptaufgabe erscheint. Dann wieder, nach der anderen Seite, dass wir nach dem Muster der Lehrerseminare ausschliesslich eine gleichförmige Ausbildung der Lehramtskandidaten von breitem enzyklopädischen Charakter anstreben. Der richtige Weg, wie ich ihn verstehe, führt in der Mitte zwischen diesen Extremen hindurch. Beim Studium der Lehramtskandidaten — so etwa möchte ich es formulieren — ist so viel Übersicht und Einsicht betreffs aller mit dem Schulunterricht in Verbindung stehender Teile der einzelnen Wissenschaft anzustreben, dass eine brauchbare Grundlage für eine spätere selbständige Berufstätigkeit gewonnen wird. Hierin liegt, dass wir den Umfang des Studiums weder zu eng noch zu weit wählen dürfen.

Jedenfalls kommen wir zu der Schlussfolgerung, dass wir die mathematisch-physikalischen Studien von den biologischen im allgemeinen abtrennen müssen. Denn jedes dieser beiden Gebiete ist jetzt so breit entwickelt und verlangt, wenn es gründlich und umfassend getrieben werden soll, auf der Universität so viel Zeit (nicht nur durch Vorlesungen, sondern namentlich auch durch Übungen, Praktika und eigene Arbeiten), dass es für einen Mann von mittlerer Begabung ganz unmöglich scheint, nach beiden Seiten Genügendes zu leisten. Wir meinen auch, dass beispielsweise ein Kandidat, der mit der Lehrbefähigung in reiner Mathematik und Physik diejenige in angewandter Mathematik verbindet und damit eine gewisse geschlossene Bildung erworben hat, für die Schule wertvoller sein müsste, als ein anderer, der sich kümmerliche Nebenkenntnisse in den

1) Der österreichische Lehrplan ist überhaupt durch die Abstufung, welche er für alle Fächer des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts durchzuführen weiss, wie auch durch die eingehenden sichtlich von fachkundigster Hand herrührenden methodischen Bemerkungen sehr beachtenswert.

2) Ich citiere hier nur den demnächst in der Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht erscheinenden Aufsatz von K. Fischer: „Der naturwissenschaftliche Unterricht — insbesondere in Physik und Chemie — bei uns und im Auslande". Derselbe enthält zahlreiche interessante Einzelangaben.

beschreibenden Naturwissenschaften erwarb, dafür aber seine Hauptfächer nur einseitig betrieb. Die Schulverwaltungen neigen ja zunächst zu einer entgegengesetzten Auffassung: sie wünschen sich Kandidaten, welche auf Grund ihrer Zeugnisse von vornherein möglichst vielseitig zu verwenden sind. Ich verstehe die Notwendigkeit, jüngere Lehrkräfte unter Umständen vielseitig zu beschäftigen, aber es ist die Frage, ob hierzu derjenige, der ein gründliches Studium auf engerem Gebiete bewältigt hat, vermöge seiner grösseren geistigen Selbständigkeit nicht schliesslich geeigneter ist, als ein anderer, der von der Universität nur oberflächliche Kenntnisse mitbrachte. Ich kann an die Schulverwaltungen nur die Bitte richten, von den tatsächlichen Verhältnissen an der Universität immer wieder nähere Kenntnis zu nehmen und die dadurch gegebenen Notwendigkeiten bei der Beurteilung des Kandidaten nach Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Mögen Sie dafür die Versicherung entgegennehmen, dass wir wirklich nicht beabsichtigen, aus jedem Lehramtskandidaten einen gelehrten Forscher zu machen, sondern dass uns die Brauchbarkeit des Mannes für die Schule am Herzen liegt!

Nach anderer Seite ist freilich meine Meinung, dass wir den Unterricht der Lehramtskandidaten an der Universität unter den Gesichtspunkten, die ich gerade hervorhob, noch vielfach werden bessern können. Was Mathematik angeht, so mehren sich neuerdings die hierher gehörigen Aufsätze und Vorträge in erfreulicher Weise.[1]) Physik betreffend kann ich auf den bereits oben genannten Artikel von E. Bose im neuen Göttinger Sammelbande verweisen.[2]) Ich habe vor einigen Tagen die entsprechenden ausgezeichneten Einrichtungen gesehen, welche in Berlin, in der alten Urania, unter Leitung von Herrn Geh.-Rat Vogel getroffen sind. Jüngere Lehrer finden dort systematische Anleitung zur Anfertigung und Handhabung physikalischer und chemischer Demonstrationsapparate oder auch zur Anlegung biologischer Sammlungen und Herstellung einfacher biologischer Präparate. Vielleicht kann man sagen, dass diese besonderen Einrichtungen überflüssig wären, wenn der Universitätsunterricht der Lehramtskandidaten überall zweckmässig entwickelt wäre. Was insbesondere die Lehramtskandidaten der Mathematik und Physik angeht, so möchte ich noch ein Wort über deren Ausbildung an den technischen Hochschulen sagen.

1) Vergl. z. B. den Aufsatz von P. Stäckel im Maihefte der Jahresberichte der Deutschen Mathematikervereinigung, 1904 („Angewandte Mathematik und Physik an den deutschen Universitäten"); dann Vorträge von A. Gutzmer und P. Stäckel auf dem letzthin (Aug. 1904) in Heidelberg abgehaltenen Internationalen Mathematikerkongresse (dessen „Verhandlungen" bald ausgegeben werden sollen) etc. etc.

2) Über Kurse in physikalischer Handfertigkeit.

So wie die Verhältnisse sich jetzt entwickelt haben, kann ich nur befürworten, an allen technischen Hochschulen dahingehende Einrichtungen zu treffen. Denn die moderne Technik ist ein so wesentlicher Bestandteil unserer heutigen Kultur, dass wir ihr einen unmittelbaren Einfluss auf das heranwachsende Geschlecht der späteren Lehrer gestatten müssen. Aber freilich müssten an der technischen Hochschule für die Lehramtskandidaten eigene Einrichtungen getroffen werden; es genügt nicht, dieselben auf die für die Ingenieure ohnehin gehaltenen Vorlesungen und Übungen zu verweisen. —

Wichtig insbesondere ist aber, dass die wissenschaftliche Ausbildung und Arbeit der Oberlehrer mit der Studentenzeit nicht abgeschlossen sei. Nicht die selbständige wissenschaftliche Forschung (die immer nur das Vorrecht weniger sein wird), wohl aber die wissenschaftliche Verarbeitung der von anderer Seite neu gewonnenen Fortschritte (Verarbeitung für die Zwecke der Schule) sollte ein allgemeines Attribut der Oberlehrertätigkeit sein. Wir begrüssen die Ferienkurse (die immer weitere Verbreitung finden) als ein vorzügliches Mittel, in dieser Hinsicht immer neue Anregungen zu verbreiten. Aber sie sind für sich nicht genügend, sie sind nur wie eine Art Abschlagszahlung. Was wir wünschen, sind regelmässige Urlaubssemester, welche dem Lehrer Gelegenheit geben sollen, nach Jahren absorbierender Amtstätigkeit immer wieder freie wissenschaftliche Umschau zu halten und durch persönliche Bezugnahme und Einsicht auf Reisen hier und dort von allen Fortschritten, die auf seinem Gebiet Bedeutung haben mögen, wie insbesondere von dem Eingreifen dieses Gebietes in das allgemeine Getriebe der menschlichen Kultur Kenntnis zu nehmen.

Ich wende mich zum Schluss noch einmal an die Schulbehörden und diejenigen, die hinter ihnen stehen, die Finanzverwaltungen. Alle Fortschritte, die wir im Unterrichtswesen wünschen mögen, insbesondere diejenigen, welche den naturwissenschaftlichen Unterricht betreffen, kosten Geld. Wir verstehen, dass unseren Vorschlägen daher nur nach ernster Prüfung entsprochen werden kann, aber wir bitten, in der Tat in eine solche Prüfung einzutreten. Und noch ein zweites Spezielles mag hier als Wunsch vorgetragen werden. Soviel ich weiss, wird es in den einschlägigen Verwaltungskreisen selbst vielfach beklagt, dass namentlich in den mittleren Instanzen so wenige Sachverständige vorhanden sind, die auf Grund ihrer früheren Studien das Gebiet des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts von innen heraus beherrschen. Hier bitten wir, je eher je besser, ändernd einzugreifen. Denn wir leiden unter

der Empfindung, dass Wünsche von unserer Seite seit Jahren vielfach nur deshalb haben zurückstehen müssen, weil ihnen an der zunächst in Betracht kommenden Stelle nicht die richtige sachgemässe Würdigung zuteil ward.

Im übrigen aber richte ich einen Appell an das grosse Publikum der Gebildeten. Es genügt nicht, dass wir die Leistungsfähigkeit des Oberlehrers steigern, sondern wir müssen demselben auch die Berufsfreudigkeit wiedergewinnen, von der man sagt, dass dieselbe hin und wieder verloren gegangen sein soll. Hierzu aber können Sie alle beitragen, indem Sie die eigenartigen Schwierigkeiten studieren, die der Unterricht an den höheren Schulen, der wissenschaftlich und pädagogisch zugleich sein soll, mit sich bringt, und daraufhin den Männern, welche der Überwindung dieser Schwierigkeiten ihre Lebensarbeit zuwenden, verständnisvolle Sympathie und Hochachtung entgegenbringen!

Fr. Merkel (Göttingen), Wünsche betreffend den biologischen Unterricht.

Das in folgendem zu gebende Referat soll die Wünsche zum Ausdruck bringen, welche wir Biologen bezüglich des Unterrichtes in der Biologie in den höheren Lehranstalten hegen. Ich möchte dabei sogleich vorausschicken, dass meine Ausführungen alle schultechnischen Erörterungen beiseite lassen werden, da es sich nur um die materielle Seite der Frage handelt; doch darf ich vielleicht der Überzeugung Ausdruck geben, dass es voraussichtlich für alle Anstalten möglich sein wird, unseren Wünschen ohne Vermehrung der Stundenzahl, nur durch Einschränkung rein philologisch-linguistischer Gegenstände Genüge zu leisten.

Ich beschränke diese Wünsche auf das Allerallgemeinste und verweise im übrigen auf die von Prof. Verworn redigierte Schrift: Beiträge zur Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an den höheren Schulen. Jena 1904.

Es bleiben nur ihrer zwei übrig:

Erstens müssen wir wünschen, dass alle Schüler, welche sich eine allgemeine Bildung aneignen wollen, beobachten lernen, in erster Linie diejenigen, welche sich in der Folge dem Studium der belebten Natur zu widmen gedenken, ausserdem aber auch die übrigen, welche sich einem anderen Berufe zuwenden.

Zweitens müssen wir wünschen, dass alle Schüler höherer Bildungsanstalten einen Begriff von den wichtigsten Funktionen des menschlichen Körpers auf ihren ferneren Lebensweg mitnehmen.

Wer, wie ich, die jungen Leute direkt von der Schule weg erhält, um ihnen das Fundament der Medizin, die Anatomie zu lehren, der weiss, dass denen, welche nicht ein ganz ausgesprochenes Talent dazu mitbringen, die Fähigkeit, zu beobachten, völlig abgeht. Ahlborn sagte in Hamburg sehr richtig, dass die gedruckten und geschriebenen Wortbilder und nicht die Vorstellungen von den Dingen den Hauptinhalt des Unterrichtes ausmachen und es ist in der That der rein philologischen Methode des in der Schule betriebenen Bücherstudiums zuzuschreiben, dass den jungen Leuten die Betrachtung der Natur nichts zu sagen weiss. Ich gehe sogar noch weiter und behaupte, dass allen Kindern eine vortreffliche Beobachtungsgabe eigen ist, welche man nur zu pflegen brauchte, welche jedoch durch die bestehende Unterrichtsmethode geradezu zur Verkümmerung gebracht wird. Welch feine und treffende Bemerkungen hört man oft kleine Kinder über das äussern, was ihre Aufmerksamkeit erregt und wie sehr wird das alles später überwuchert durch die Sorge um die unregelmässigen Verba, die Bildung des Aoristes und ähnliches.

Meine erste Aufgabe ist es alljährlich, die Studierenden daran zu gewöhnen, das beschreiben zu lernen, was sie sehen und es muss kostbare Zeit dazu verwendet werden, elementare Dinge zu lehren, welche gekannt sein sollen, wenn das Universitätsstudium beginnt. Wenn ich mir z. B. ein mikroskopisches Präparat beschreiben lassen will, so kann ich im Anfang sicher sein, dass der weniger Fleissige peinlich schweigt, dass mir der Strebsame aber nicht das Präparat mit all seinen Zufälligkeiten erklärt, sondern ein Kapitel des Lehrbuches rezitiert. Wie tief die falsche Hochachtung vor dem Bücherstudium sitzt, bewies mir eine Examenserfahrung. Ein Kandidat zog in der Staatsprüfung, also nach Beendigung des ganzen medizinischen Studiums, die Frage „Gehirn". Er erhob sich und bat mich, das Examen abzubrechen, da er nicht mehr die Zeit gefunden habe, sich auf diese Frage vorzubereiten. Mein Hinweis auf die unangenehmen Folgen seines Vorgehens vermochte den jungen Mann, die Beantwortung zu versuchen und er bestand mit der Note „gut". Er hatte geglaubt, ein Studium am Präparat, welches er fleissig und mit Verständnis durchgeführt hatte, genüge nicht, wenn nicht das Studium des Lehrbuches die höhere Weihe gegeben habe. Diesem eklatantesten Fall könnte ich eine grosse Zahl ähnlicher Erfahrungen anreihen.

Wir müssen also darauf dringen, dass den Schülern die lebendige Natur als das Buch klar gemacht wird, in welchem sie zu lesen haben, und dass die litterarischen Hilfsmittel nur solche zweiten Ranges sind. Dieses Ziel ist aber nur

dann zu erreichen, wenn sich die Schüler während ihrer ganzen Schulzeit mit biologischen Dingen beschäftigen. Leider ist nun aber die Biologie aus den oberen Klassen, wo die allmählich auftretende Fähigkeit eigenen Urteils die Bemühungen des Lehrers so wirksam unterstützen würde, gänzlich verbannt, so dass den Schülern das, was sie etwa in den unteren Klassen gelernt haben, wieder verloren geht und ich stehe nicht an, zu sagen, dass die Zeit, welche Lehrer und Schüler auf Biologie verwandt haben, zum grossen Teil verloren ist, da bei den jüngeren Schülern die Auffassungskraft noch nicht soweit ausgebildet ist, dass die gelernten Thatsachen auch ohne ständige Übung fest genug sitzen, um einen unveräusserlichen Schatz fürs Leben zu bilden. Das meiste wird vergessen, was mit Sicherheit aus der Art zu schliessen ist, wie die jungen Studenten sämtlich den biologischen Aufgaben gegenüber treten, gleichgültig, ob sie aus einer Realanstalt oder aus einem sogen. humanistischen Gymnasium kommen. Die Physik dagegen, welche bis zum Abgang von der Schule getrieben wird, sitzt so fest und ist meist so gut verstanden, dass man auf den Kenntnissen in diesem Fach ohne weiteres fortbauen kann. Die Hamburger Thesen geben auch dem Wunsche, dass der biologische Unterricht durch alle Klassen geführt werde, entschiedenen Ausdruck.

Ich bin in der Lage, Vorschläge, in welcher Art das von uns angestrebte Ziel erreicht werden soll, für die Realanstalten nicht zu benötigen, da wir gar nichts anderes wünschen, als eine Wiederherstellung der Verhältnisse, welche vor 1879 in vielen Teilen Deutschlands bestanden haben und eine Ausdehnung derselben auf die sogen. humanistischen Gymnasien. Soweit ich sehe, hat sich nur in Bremen eine neunklassige Anstalt in der alten Weise erhalten. Wer sich für die Sache interessiert, wird mit Nutzen den Aufsatz von Prof. Fricke (Unterrichtsblätter für Math. und Naturw. **9**, 1903, No. 5 und 6) über diese Schule lesen.

Wenn ich mir zwei spezielle Bemerkungen erlauben darf, dann möchte ich erstens für den biologischen Unterricht im allgemeinen empfehlen, die Systematik thunlichst zurücktreten zu lassen, obgleich sie durchaus nicht vollständig vermieden werden soll und kann. Einerseits ist auf das dringendste davor zu warnen, den Schülern die Freude an der Natur durch geisttötende Rubrizierung zu verderben, andererseits dürfte es notwendig sein, sie mit den grossen Abteilungen des Tier- und Pflanzenreiches bekannt zu machen; wie überall, so ist auch hier die goldene Mittelstrasse die richtige. Zweitens möchte ich davor warnen, den Unterricht in das Prokrustesbett des Reglements einzuzwängen. Die Natur ist unendlich gross und die Vorbildung und spezielle Neigung des einzelnen Lehrers sehr verschieden. Weiss er nur den Schülern von der Begeisterung mitzuteilen, welche ihn selbst erfüllt, dann ist es vollständig gleichgültig, ob sie etwas mehr zoologische, oder etwas mehr botanische Kenntnisse mit hinaus nehmen. Die Liebe zu Natur und die Fähigkeit ihrer Beobachtung kann man sich auf beiden Gebieten aneignen. Ist der Ort, an dem sich die Schule befindet, dafür günstig und ist der Lehrer dazu vorbereitet, dann wird er mit grossem Nutzen auch Geologie und Paläontologie stärker heranziehen können.

Ausdrücklich möchte ich endlich nochmals wiederholen, dass sich unser Wunsch nicht etwa bloss auf die Realanstalten bezieht, sondern ganz besonders auch für die humanistischen Gymnasien gilt. Denn aus ihnen werden für absehbare Zeit noch sehr viele junge Leute hervorgehen, welche sich den biologischen Fächern zuwenden. Aber auch für spätere Theologen und Juristen ist eine gewisse Kenntnis biologischer Dinge von grösstem Wert. Ganz abgesehen von dem unmittelbaren Nutzen, welche ihnen in ihrem Berufe die Schulung in der Beobachtung bringen muss, ist unser modernes Leben so allseitig durchsetzt von naturwissenschaftlichen Anschauungen und zieht in so unzähligen Dingen Nutzen aus der Kenntnis der Lebensvorgänge von Pflanze und Tier, dass wir sagen dürfen: Jeder Mensch, welcher auf eine allgemeine Bildung Anspruch machen will, muss wenigstens von den Grundbegriffen der Biologie eine Vorstellung besitzen.

L. Hermann (Hochschulnachrichten 1899) macht sehr mit Recht darauf aufmerksam, dass die Mediziner bei ihrem Studium sich noch erwerben, was ihnen im Gymnasium vorenthalten wird, während dies Juristen und Philologen niemals können. Man merkt es in der That sehr häufig, dass der naturwissenschaftlich Gebildete einen weiteren Horizont besitzt, als der Buchgelehrte, welcher sehr leicht einseitig bleibt und der in Gefahr ist, dem wirklichen Leben dauernd fern zu stehen.

Der zweite anfangs ausgesprochene Wunsch, dass alle Schüler höherer Bildungsanstalten einen Begriff von den wichtigsten Funktionen des menschlichen Körpers auf ihren ferneren Lebensweg mitnehmen möchten, gilt natürlich ebenfalls für alle in Rede stehenden Schulen. Alle Schüler haben das gleiche Recht darauf, zu erfahren, was in ihrem eigenen Körper vor sich geht, um dadurch in die Lage versetzt zu werden, ihn sachdienlich zu behandeln und in Krankheitsfällen ärztlichem Rat das nötige Verständnis entgegen zu bringen. Reinke sagte in Hamburg sehr richtig, dass mancher Missbrauch der Jugendkraft auf totaler Unwissenheit in biologischen Dingen zurückzuführen ist. Es

scheint mir in der That, dass jeder junge Mann, welcher sich durch einen Sport oder in anderer Art das Herz geschädigt hat, oder welcher der Neurasthenie zum Opfer fällt, zur Zeit der Schule den Vorwurf machen kann, dass sie nicht die Grundlage gegeben hat, welche ihn in den Stand gesetzt haben würde, sich zu schützen. Wie will der junge Mann, welcher ins Leben hinaustritt, wissen, wie weit er im Radeln, Rudern, Turnen gehen darf, wenn er nicht einmal die elementarsten Begriffe von Bau und Verrichtungen der Organe des Körpers hat? Wie will er sich gegen die Gefahren des Alkohols wappnen, wenn er nicht weiss, wie wichtig die Organe sind, welche dieser Feind des Menschengeschlechts schwächt, selbst vernichtet? Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich sage, dass ein sachgemässer Unterricht über den eigenen Körper den künftigen Offizier befähigen muss, seine Mannschaften, den künftigen Industriellen, seine Arbeiter rationeller zu behandeln wie bisher, was der Wehr- und Volkskraft in hohem Grade zugute kommen wird. Man sucht mit Recht jetzt überall Wohlfahrtseinrichtungen durchzuführen, wieviel leichter würde dies sein, wenn die massgebenden Persönlichkeiten bereits mit einem gewissen Fonds von biologischen Kenntnissen an ihre Aufgabe herantreten würden, welcher sie in den Stand setzte, den Ausführungen der Sachverständigen mit mehr Verständnis zu folgen, als das heute sein kann. Nicht zuletzt wäre auch zu erwarten, dass dem traurigen Kurpfuschertum, das schon soviel Unheil angerichtet hat, ein wirksamer Riegel vorgeschoben würde, wenn jeder Gebildete von vornherein darüber klar wäre, dass es unmöglich ist, aus einem Büschel von Haaren oder einer kleinen Probe Urin alle möglichen Krankheiten zu erkennen, und dass man nicht mit verbrannten Elstern und ähnlichem die Krankheiten zu heilen vermag, sondern dass es Pflicht jedes Vernünftigen ist, bei Gesundheitsstörungen sogleich einen fachmännisch gebildeten Arzt heranzuziehen. Wären biologische Kenntnisse allgemein, dann würde gewiss die segensreiche Einrichtung des Hausarztes wieder aufleben, da dann die Leute wüssten, dass es wichtig ist, eine Konstitution dauernd zu beobachten, wenn man ihre Störungen in Krankheitsfällen richtig beurteilen will.

Je nach der Art der einzelnen Anstalt kann bei der Betrachtung des menschlichen Körpers mehr oder weniger in die Tiefe gedrungen werden und die Realanstalten werden es leichter haben, wie die humanistischen. Bleibt die Zeit, dann wird man gewiss ausser der Organisation des menschlichen Körpers auch anthropologische und prähistorische Dinge herbeiziehen und diesen immer aktueller werdenden Wissenszweigen die gebührende Beachtung schenken.

Das Mindestmass dessen, was man verlangen muss, ist, dass der Schüler, welcher die Schule verlässt, weiss, welche Rolle die Zelle im Körperhaushalt spielt, was die grossen Systeme und Organe zu leisten haben. Wo nur wenig Zeit zur Verfügung steht, müsste auf die Anatomie nur so weit eingegangen werden, wie es unbedingt nötig ist, um die Thätigkeit der Körperteile zu erklären, denn diese muss natürlich den Schwerpunkt bilden. Freilich wird man z. B. den grossen und kleinen Kreislauf nicht klar machen können, ohne Vorhöfe und Kammern des Herzens zu zeigen und zu erklären. Schwierigkeiten der Darstellung bestehen wohl nicht, da manche Organe von Tieren zur Demonstration benützt werden können, und da es jetzt so ausgezeichnete Abbildungen und Modelle des menschlichen Körpers giebt, dass man durch sie den Schülern eine völlig ausreichende Vorstellung vermitteln kann, wenn erst eine allgemeine biologische Schulung in den unteren Klassen vorausgegangen ist.

Über dasjenige, was über die Organisation des Körpers im allgemeinen vorzutragen ist, wird wohl unter den Sachverständigen Einigkeit vorhanden sein, nur bezüglich der Genitalorgane begegnet man Meinungsverschiedenheiten. Meine eigene Meinung hierüber ist es, dass man den Schülern der obersten Klasse einen kurzen Abriss ihrer Organisation und einen solchen ihrer Entwickelung vermitteln sollte. Es ist dies um so leichter thunlich, als in dem vorhergehenden biologischen Unterricht die Generation von Pflanze und Tier gar nicht umgangen werden kann. Ich sollte meinen, dass junge Leute in den letzten Monaten ihrer Schulzeit reif genug sein müssten, um ernst und taktvoll vorgetragene Dinge auch mit dem nötigen Ernst entgegen zu nehmen. Ich stimme Chuns Hamburger Ausführungen ganz zu, wenn er sagt, dass nur die krasse Unwissenheit, welche gerade auf diesen Gebieten bei den Gebildeten sich kundgiebt, es zuwege bringt, dass man verschämt oder gar entrüstet erklärt, es handle sich um Dinge, die nicht in die Schule — auch in Prima nicht — gehören.

Es entsteht zum Schluss noch die Frage, wem man den Unterricht in der Lehre vom Menschen in die Hand geben soll. Dies muss unter allen Umständen ein Mann sein, der sich wirklich mit menschlicher Anatomie und Physiologie beschäftigt hat, ein reiner Zoologe oder Botaniker wird dazu nicht imstande sein. Werden erst Lehrer angestellt, deren Aufgabe ausschliesslich oder doch vorwiegend der Unterricht in der Biologie ist, dann wird es nicht schwer sein, sie bei ihrem Universitätsstudium auch mit der Lehre vom Menschen gründlich bekannt zu machen. Solange dies aber nicht

der Fall ist, kann nur ein Arzt den Unterricht übernehmen. Die Einrichtung der Schulärzte wird sich ja, wie zu hoffen steht, immer mehr ausbreiten, und diese wären dazu die richtigen Männer. Sie verfügen über das nötige physiologische Wissen und können auch, wie es geboten erscheint, Beispiele aus der Praxis herbeiziehen; sie sind auch den Schülern als die medizinischen Berater der Anstalt bekannt und besitzen dadurch von vornherein die Autorität, welche nötig ist, um das, was sie vortragen, den Schülern so wichtig erscheinen zu lassen, wie es in Wirklichkeit ist.

G. Leubuscher (Meiningen), Schulhygienische Erwägungen.

Die gesundheitlichen Zustände auf unseren höheren Schulen haben nur insofern in den letzten Dezennien eine Besserung erfahren, als die Baulichkeiten und die inneren Einrichtungen bessere geworden sind; die Hygiene des Unterrichtes und die Schülerhygiene haben aus den Fortschritten der Schulgesundheitspflege keinen Nutzen gezogen. Die Untersuchungen über den Gesundheitszustand an den höheren Schulen in Sachsen-Meiningen, wo seit 3 Jahren sämtliche Schulen eine schulärztliche Überwachung geniessen, haben ergeben, dass besonders drei Gruppen von Störungen sich bei den Schülern dieser Anstalten finden; in erster Linie Kurzsichtigkeit, zweitens Störungen des Zirkulationsapparates, meist funktioneller Natur, drittens allgemeine nervöse Störungen. Wenn auch ein Teil dieser krankhaften Befunde auf ausserhalb der Schule liegende Ursachen zurückzuführen ist, so lässt sich das ursächliche Moment der Überbürdung durch die Schule für viele Fälle nachweisen. Wenn auch eine gründliche Abhilfe nur durch Änderung des ganzen Lehrplanes möglich wäre, so würde auch eine Änderung des Lehrmodus auf Grundlage der Anschauungen der Schulhygiene schon viel nützen können. Gefordert werden muss zweckmässige Folge der einzelnen Unterrichtsfächer, Verkürzung der Unterrichtsstunden und Verlängerung der Pausen, Abschaffung des Nachmittagsunterrichtes, grössere Berücksichtigung der körperlichen Entwicklung der Schüler. Diese Forderungen bedingen die Anstellung von Schulärzten.

Eine Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtes ist auch vom Standpunkt der Gesundheitspflege wünschenswert, darf aber keinesfalls eine Erhöhung des Gesamtlehrstoffes oder eine Vermehrung der Stundenzahl zur Folge haben. Sie wird infolgedessen nur möglich sein, wenn der Sprachunterricht eine Einschränkung erfährt.

Der Unterricht in der Biologie kann besonders dadurch gesundheitlich Nutzen bringen, dass er mit regelmässigen Ausflügen unter Leitung des Lehrers verbunden wird. Weiter müsste im Anschluss an den naturwissenschaftlichen Unterricht direkt Gesundheitspflege in ihren Grundzügen gelehrt werden; die wichtigsten Kapitel könnten im Anschluss an Chemie, Physik und Biologie vorgetragen werden.

Dieser Unterricht in Gesundheitspflege wäre durch die Lehrer der Naturwissenschaften zu erteilen, welche demgemäss bereits auf der Universität das Studium der Hygiene zu betreiben hätten. Es wäre aber auch dringend wünschenswert, dass überhaupt jeder, der sich zum Lehrerberuf vorbereitet, eine gewisse Ausbildung in dieser Disziplin mit in seinen Beruf hineinbringt.

Endlich ist es wünschenswert, dass den von der Schule abgehenden jungen Leuten eine Aufklärung über die Thätigkeit des Sexualapparates und die Gefahren des sexuellen Verkehrs gegeben wird, um der enormen Verbreitung der Geschlechtskrankheiten entgegen zu wirken.

Diese Aufklärung hätte durch den Schularzt zu erfolgen.

Diskussion.

Pietzker (Nordhausen): Es ist wiederholt auf den Verein Bezug genommen worden, der sich vor 14 Jahren gebildet hat zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, und ich als Vertreter dieses Vereins bin speziell veranlasst worden, auch zu den Fragen, die hier erörtert sind, das Wort zu ergreifen. Es ist ja für uns sehr vielfache Veranlassung, uns dazu zu äussern. Ich werde es zunächst nach folgender Seite thun: Wir haben uns auf unserer diesjährigen Hauptversammlung in Halle mit der vorliegenden Frage beschäftigt und auch mit der Beratung, die heute hier stattfinden sollte, und haben dabei unserm Bedauern darüber Ausdruck gegeben, dass die in den Lehrerkreisen selbst herrschenden Anschauungen hier voraussichtlich nicht genügend zum Ausdruck kommen würden. Allerdings war uns damals nicht bekannt gewesen, dass das eine der hier zu erstattenden vier Referate in die Hände eines Lehrers gelegt werden sollte. Wenn wir glaubten, nur die Interessen der Hochschulen würden ihren Ausdruck finden, so sind wir durch den Verlauf, den die heutige Verhandlung genommen hat, in erfreulicher Weise enttäuscht worden. Namentlich in dem Referat des Herrn Geheimrat Klein sprach sich ein so warmes Gefühl und tiefes

Verständnis für die Interessen der Schule aus, dass wir ihm aufrichtigen Dank sagen müssen.

In den andern Referaten traten allerdings manche Gesichtspunkte hervor, bei denen man sich als praktischer Lehrer fragt, ob es möglich sein wird, sie durchzuführen. Wenn unter diesen Umständen an eine eingehende Diskussion in der kurzen dafür zur Verfügung stehenden Zeit nicht gedacht werden kann, so möchte ich dies nicht weiter bedauern. Denn die Frage ist so verwickelt und so schwierig, dass sie einer eingehenden Beratung im engeren Kreise bedarf. Ich begrüsse mit Freuden den Plan, zum Zwecke dieser Beratung eine Kommission niederzusetzen, in der möglichst alle Interessentenkreise vertreten sind, hoffentlich wird da etwas Brauchbares herauskommen, was mit dem ganzen Gewicht, das der Naturforscher-Versammlung von altersher beiwohnt, wirken wird.

Das wollte ich vorausschicken.

Inhaltlich haben wir über die heute an dieser Stelle erörterten Fragen bereits mehrfach auf unseren Hauptversammlungen verhandelt. Insbesondere haben wir uns vor $2^1/_2$ Jahren auf unserer Versammlung in Düsseldorf mit der Frage beschäftigt, wieweit es möglich und wünschenswert sei, den biologischen Unterricht bis in die obersten Klassen zu führen, und wir haben damals eine Resolution gefasst, die ungefähr besagte:

Wir schliessen uns im wesentlichen den sog. Hamburger Thesen an, wir erklären die Wiedereinführung des biologischen Unterrichts in die obersten Klassen, wenigstens der Realanstalten für wünschenswert, und wir halten diese Wiedereinführung ohne Schädigung anderer Zweige des exaktwissenschaftlichen Unterrichts für möglich.

Über die Durchführung des biologischen Unterrichts an den humanistischen Anstalten haben wir nichts gesagt, weil da in Bezug auf die Frage der Schädigung anderer Unterrichtszweige grosse Schwierigkeiten vorliegen. Ebenso haben wir davon Abstand genommen, die Einzelheiten der Durchführung unseres Düsseldorfer Beschlusses zum Gegenstand einer weiteren Beschlussfassung zu machen, obwohl wir über die Einzelgestaltung des biologischen Unterrichts an den verschiedenen Anstaltsarten auf unserer, vor $1^1/_2$ Jahren hier in Breslau stattgehabten zwölften Hauptversammlung im Anschluss an drei von den Herren Landsberg, Fricke und Bastian Schmid erstattete Referate eingehend diskutiert haben.

Dann haben wir uns in diesem Jahre mit zwei Fragen beschäftigt, die in dieses Gebiet hineinfallen, nämlich mit der Frage des mathematischen und der des physikalischen Unterrichts, und das Ergebnis unserer Beratungen in Resolutionen zusammengefasst. Zunächst haben wir im Anschluss an ein Referat des Herrn Grimsehl über den physikalischen Unterricht eine Reihe von Thesen beschlossen, deren Wortlaut unser Vereinsorgan bringt, deren Inhalt ich hier kurz angeben will: der physikalische Unterricht soll zu einer wirklich lebendigen Erkenntnis führen, er darf nicht der Meinung Vorschub leisten, dass die in ihm behandelnden Naturgesetze nur für die Vorgänge gültig seien, die in den Laboratorien und Hörsälen demonstriert werden, vielmehr soll er auch ein Verständnis der Erscheinungen geben, die die ganze uns umgebende Welt, die lebende wie die tote, beherrschen. Darum muss schon im früheren Unterricht alles, was physikalisch verständlich ist, berührt werden, ohne der systematischen Behandlung in den späteren Klassen vorzugreifen. Die Mathematik ist aufzufassen als höchst bedeutsamer und unentbehrlicher Faktor des Verständnisses, aber die Physik darf nicht etwa aufgefasst werden als eine Anwendung der Mathematik.

Ferner berieten wir im Anschluss an ein Referat des Herrn Nath (Nordhausen) über die Bildungsaufgabe der Mathematik in dem Lehrplan der höheren Schulen und gelangten dabei ebenfalls zu einer Reihe von Thesen, deren Wortlaut unser Vereinsorgan bringt, deren Inhalt etwa der folgende ist: Die Mathematik ist auf allen höheren Schulen ohne Rücksicht auf besondere Berufsinteressen lediglich als allgemein bildendes Fach zu betreiben, das aber unentbehrlich ist für das Verständnis des gegenwärtigen Zustandes und des geschichtlichen Werdens unserer Kultur und für die Befähigung zur Arbeit an der weiteren Kulturentwicklung. Dazu ist die allgemein bildende Seite der Mathematik mehr ins Auge zu fassen; es gehört dazu unter anderem auch die Erziehung der Schüler zu der Gewohnheit, das, was sie klar erkannt haben, sprachlich korrekt wiederzugeben.

Hierüber herrschte Übereinstimmung. Aber Meinungsverschiedenheit bestand darüber, wieweit man behufs Erreichung dieses Zieles auf den einzelnen Anstalten gehen müsse. Insbesondere war die Frage streitig, ob es angezeigt sei, auch die Elemente der Infinitesimal-Rechnung in den Unterricht der Realanstalten einzuführen? Von manchen Seiten wurde betont, dass, wenn dieser Unterrichtsstoff für die allgemeine Bildung unentbehrlich sei, man ihn auch den humanistischen Gymnasien nicht vorenthalten dürfe. Bei der Abstimmung sprach sich die eine Hälfte der Versammlungsteilnehmer für, die andere gegen die Aufnahme der Elemente der Infinitesimal-Analysis in den Lehrplan aus, die Frage blieb also offen. Ich persönlich gehöre zu denen, die dagegen gestimmt haben, verzichte aber auf Mitteilung der Gründe, die mich bei meiner Abstimmung leiteten und

bemerke nur, dass beide Teile auch die für die gegnerische Ansicht sprechenden Momente würdigten.

An dieser Stelle beabsichtige ich nur über die in den Fachkreisen vorhandene Stimmung, soweit sie mir bekannt ist, objektiv zu berichten.

Schliesslich drücke ich wiederholt meine Freude aus über die heutigen an Anregungen reichen Verhandlungen, die, wie ich hoffe, auch praktische Erfolge haben und zur Herbeiführung eines Zustandes mitwirken werden, mit dem wir alle zufrieden sein können.

von Borries (Berlin): Der Verein deutscher Ingenieure hat sich seit langer Zeit mit Unterrichtsfragen beschäftigt, weil die Unzulänglichkeit des bisherigen Unterrichts an den Mittelschulen gerade von unseren Mitgliedern naturgemäss in erster Linie empfunden wird. Diese Unzulänglichkeit besteht nach unserer Meinung nicht nur für die technischen Berufe, sondern in unserer allgemeinen Bildung überhaupt. Als deren Ziel ist festzustellen, dass es gilt, Deutsche zu erziehen, welche unser heutiges Leben voll verstehen und in ihm gedeihlich zu wirken vermögen. Dazu gilt es vor allem, die Fähigkeit der Anschauung, das Verständnis für Grössenverhältnisse, für wirkliche Vorgänge, für den Zusammenhang von Ursache und Wirkung weit mehr als bisher zu entwickeln. Hierfür ist die naturwissenschaftlich-mathematische Vorbildung von grösster Bedeutung, und zwar nicht nur für diejenigen, die später technische und naturwissenschaftliche Berufe ergreifen wollen — die lernen es später auch noch — sondern vor allem für diejenigen, denen sie später nicht mehr zuteil wird, die also diese für ihre allgemeine Bildung notwendigen Kenntnisse schon auf der Mittelschule erwerben müssen.

Wenn wir Ingenieure diesen Standpunkt so besonders betonen, so geschieht dies naturgemäss deswegen, weil der Mangel am Verstehen der heutigen Lebensverhältnisse, welcher sich in der Gesetzgebung, in der Rechtsprechung, in der Verwaltung, der Volkswirtschaft u. s. w. geltend macht, gerade in unserm Beruf am fühlbarsten wird.

Von diesem Standpunkt aus betonen wir, dass wir keine Fachbildung auf den Schulen wollen, sondern möglichste Einheitlichkeit der allgemeinen Bildung zu erhalten wünschen, weil sie für das spätere Verstehen der einzelnen Berufsarten untereinander von grösster Bedeutung ist.

Eine Versammlung, die wir vor kurzem berufen hatten, um Unterrichtsfragen zu beraten, und die aus etwa 30 Vertretern der Techn. Hochschulen und Universitäten, der Mittelschulen und der Industrie bestand, hat über den heute behandelten Gegenstand folgendes beschlossen:

„Der Verein deutscher Ingenieure steht nach wie vor auf dem Standpunkte seines Ausspruches vom Jahre 1886, welcher lautet: Wir erklären, dass die deutschen Ingeniure für ihre allgemeine Bildung dieselben Bedürfnisse haben, und derselben Beurteilung unterliegen wollen, wie die Vertreter der übrigen Berufszweige mit höherer wissenschaftlicher Ausbildung.

In dieser Auffassung begrüssen wir es mit Freude, wenn sich mehr und mehr die Überzeugung Bahn bricht, dass den mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildungsmitteln eine erheblich grössere Bedeutung beizulegen ist als bisher; werden doch die Kenntnisse auf diesen Gebieten immer mehr zum unentbehrlichen Bestandteil allgemeiner Bildung.

Die vorwiegend sprachliche Ausbildung, die jetzt der Mehrzahl unserer Abiturienten zuteil wird, genügt nicht den Ansprüchen, welche an die leitenden Kreise unseres Volkes gestellt werden müssen, insbesondere im Hinblick auf die steigende Bedeutung der wirtschaftlichen Fragen."

Hieran knüpfe ich noch den Wunsch, dass es gelingen möchte, die Anfänge der Differential- und Integralrechnung auf den Mittelschulen wieder einzuführen. Gerade diese Lehre bewirkt das Aneignen von Hauptbegriffen für das Verstehen von wirklichen Vorgängen, welche auf keine andere Weise herzustellen sind, und ist daher für die allgemeine Bildung von grosser Bedeutung.

Zum Schluss darf ich also mit Freude feststellen, dass der Verein deutscher Ingenieure mit den Zielen, die in der heutigen Versammlung hervorgetreten sind, völlig einverstanden ist. Die Hauptsätze der Schrift des Herrn Verworn könnten ebensogut aus unserem Kreise herrühren. Ich hoffe, dass diese Übereinstimmung und Anbahnung des Zusammenwirkens zu einem gedeihlichen Fortarbeiten führen wird.

Frau Dr. Lydia Rabinowitsch (Berlin): Ich erlaube mir als Vertreterin des Schlesischen Frauenverbandes und des Verbandes Fortschrittlicher Frauenvereine hier kurz das Wort zu ergreifen.

Bei den ausführlichen und eingehenden Vorträgen der heutigen Redner, besonders aber beim Vortrag des Geh. Rat Merkel, habe ich es schmerzlich empfunden, dass die Wichtigkeit des biologischen Unterrichts nur für die Knabenschulen hervorgehoben und der Mädchenschulen nicht mit einem Worte Erwähnung gethan wurde. Gestatten Sie mir, Ihnen die an die Naturforscherversammlung gerichtete Eingabe des Verbandes Fortschrittlicher Frauenvereine kurz vorzutragen.

Auf der Naturforscherversammlung in Hamburg ist eine Anregung gegeben worden zur „Förderung des biologischen Unterrichts in den

höheren Schulen", deren Durchführung für die Ziele der Frauenbestrebungen in Erziehungsfragen von weitreichender Bedeutung sein würde.

Für Ausgestaltung der in Hamburg 1902 dargelegten Grundidee ist ein Ausschuss von Botanikern, Zoologen, Geologen, Anatomen und Physiologen eingesetzt worden.

Der beigefügte Bericht von der Naturforscherversammlung in Kassel 1903 giebt ein übersichtliches Bild des ganzen Planes, und die vielfach erörterte Frage einer weit ausgestalteten, nach grossen Gesichtspunkten organisierten naturwissenschaftlichen Unterweisung hat wohl niemals einen so bedeutsamen und überzeugenden Ausdruck gefunden, wie in den 9 Leitsätzen, die der Ausschuss der Naturforscherversammlung zur Begründung seines Vorschlages aufgestellt hat.

Die Richtigkeit der Grundanschauung, die neuen Ausblicke, die Weisheit der gegebenen Voraussetzungen, das Zweckmässige und Zielbewusste des Eintretens, geben diesen Vorschlägen eine Bedeutung, die geeignet ist, für diese wichtige Frage die Zustimmung der Regierung zu gewinnen, und die Aufnahme des biologischen Unterrichts in den Lehrplan der höheren Schulen zu bewirken.

Zur Erreichung dieses grossen Zieles würde eine allgemeine Zustimmungserklärung der Frauen zweckentsprechend und förderlich sein, und ich erlaube mir, an den Vorstand das Gesuch zu richten:

An den Ausschuss der Naturforscher eine Zustimmungserklärung in diesem Sinne ergehen zu lassen und insbesondere zu betonen, dass die Einführung des biologischen Unterrichts in gleicher Weise wie für die höheren Lehranstalten der Knaben, für die Mädchengymnasien und höheren Mädchenschulen und in einfacherer Gestaltung für die Oberklasse der Volksschulen, auf das dringendste zu befürworten wäre.

Der biologische Unterricht wäre in erster Reihe von grösster Bedeutung für die Unterrichtsfrage an sich, da kein anderes Gebiet so geeignet ist, das beste, was der Unterricht bietet: die allgemein geistige und seelische Entwicklung, die Erkenntnis zu fördern. Zugleich aber würde ein tieferes Eindringen in die Kräfte und das Leben in der Natur ein Weg sein für die vorbeugenden Ziele von wichtigen Fragen, welche die Frauenbewegung jetzt beschäftigen. Wenn die Einführung für Mädchen- und Knabenschulen gleichen Gesichtspunkten unterliegt, so tritt für Mädchenschulen insbesondere hinzu die eminent praktische Bedeutsamkeit des biologischen Unterrichts auch für die Pflichten der Hausfrau und Mutter.

Die ausserordentliche Unkenntnis der Frauen und Töchter unserer gebildeten Kreise — wie viel mehr des Volkes — in den Fragen der allgemeinen Gesundheitslehre übt oft in dem geschlossenen, jeder Beobachtung entzogenen engen Kreise des Hauses die schädigendste Einwirkung auf die Gesundheit und Wohlfahrt der eigenen Familienglieder aus.

Während Schäden der öffentlichen Gesundheitspflege zur öffentlichen Kenntnis und damit zur Besserung gelangen, bleiben die innerhalb des Hauses — die in ihrer Gesamtzahl grösseren Schaden anrichten — in Verborgenheit, ja die Frauen, die sie in ihrer Unkenntnis verursachten, haben zumeist selbst kein Bewusstsein davon.

Die Kenntnis der Gesetze der allgemeinen Gesundheitslehre kann sich aber allein aufbauen auf dem Grunde der biologischen Unterweisung. Die Einführung dieses Unterrichtes in den Mädchenschulen wäre von grosser Bedeutung für das Volkswohl.

Grimsehl (Hamburg): Seit Jahren wird an den Realanstalten Hamburgs Differential- und Integralrechnung gelehrt. Aus meinen eigenen Erfahrungen als Hamburger Schulmann kann ich mitteilen, dass dieser Unterricht sowohl für Lehrer als für Schüler der allererfreulichste ist. Die Erleichterung, welche die Einführung des Differentialquotienten und des Integrals in den Bestand des geistigen Werkzeuges ermöglicht, bedeutet keine Mehrbelastung des Schülers. Im Gegenteil findet eine teilweise Entlastung des Schülers statt.

Die umständlichen Reihenentwickelungen können zum grössten Teile vermieden werden. Die an so vielen Stellen der Elementarmathematik nötigen Grenzbetrachtungen werden einheitlich behandelt, und gerade die Benutzung der Symbole

$$\frac{dy}{dx} \text{ und } \int f(x)\,dx$$

bei einer solchen Grenzbetrachtung erinnert den Schüler daran, dass an dieser Stelle diejenigen Methoden angewandt werden, über deren Zulässigkeit er früher im Zusammenhange belehrt ist. Der Schüler erschrickt nicht so sehr, wenn diese neuen Symbole eingeführt werden, wie er früher erschrak, als er von negativen Werten oder von irrationalen und gar von imaginären Zahlen zum ersten Male hörte, denn er ist in dem Schulalter, wo die Einführung der neuen Symbole stattfindet, schon genügend erfahren, um sofort ihren Nutzen einzusehen. Betont muss aber ausdrücklich werden, dass ich es für einen grossen Fehler halte, wenn die Schule bei der Behandlung der Differential- und Integralrechnung in das Gebiet der Hochschule eindringen

würde. Wir wollen nicht vergessen, dass der Unterricht auf den sogenannten Mittelschulen stets nur den Zweck hat, der Allgemeinbildung zu dienen. Die Kenntnis der Elemente und der Methoden der Differential- und Integralrechnung gehört aber heute zum Gebiete der Allgemeinbildung, wenn man hiermit diejenige Bildung bezeichnet, die uns in den Stand setzt, die moderne Kultur zu verstehen.

Ganz besonders hoch schätze ich die Einführung des Differentialquotienten und des Integrals in meiner Eigenschaft als Physiker. Meines Erachtens können wir im physikalischen Unterricht den Begriff des Differentialquotienten nicht entbehren, wenn wir einerseits uns nicht begnügen wollen mit oberflächlichen Redensarten bei manchen Definitionen, wie z. B. für die Geschwindigkeit und die Beschleunigung bei ungleichförmiger Bewegung, wenn wir andererseits im physikalischen Unterricht nicht durch unpräzise Grenzbetrachtungen den mathematisch-kritischen Sinn der Schüler, den wir im mathematischen Unterricht zu erziehen suchen, auf das empfindlichste verwirren wollen.

Was den physikalischen Unterricht betrifft, so halte ich eine eingehende Revision sowohl des physikalischen Unterrichtsstoffes, wie der Unterrichtsmethode für dringend notwendig. Wir dürfen unmöglich das enorme Anwachsen und die ausserordentlichen Fortschritte der physikalischen Wissenschaft in der Schule vernachlässigen, wollen wir nicht auch hier die antike physikalische Bildung der modernen vorziehen. Wir müssen in der Schule die Schüler nicht nur für Ideale erziehen, das Reale erfordert dringend Berücksichtigung. Wir machen unsere neue Generation unfähig für den Kampf im Wettbewerbe der Völker, wenn wir unseren Jungen systematisch die Augen mit der schönen Binde der sogenannten formalen Bildung verdecken. Ich halte es für eine unserer Hauptaufgaben, die Schüler für die Wirklichkeit und Wahrhaftigkeit zu erziehen. Dazu ist kein Schulfach so geeignet, wie die Physik, wenn sie sich der Wirklichkeit anpasst.

Wenn wir augenblicklich vergebens den Wunsch aussprechen, es möge dem physikalischen Unterricht mehr Raum gegeben werden, so ist diese Forderung vielleicht später zu wiederholen. Aber jetzt müssen wir uns innerhalb des gegebenen Raumes einrichten und die besten Methoden für die wichtigsten physikalischen Unterrichtsstoffe anwenden. Nach meinen Erfahrungen ist die allgemeine Einführung der physikalischen Schülerübungen das beste Mittel, um aus dem Dilemma herauszukommen. Leiten wir in der Schule die Schüler zu eigenen Beobachtungen und zum Sammeln eigener physikalischer Erfahrungen an, so machen wir ihn fähig, auch ausserhalb der Physikräume die physikalischen, d. h. die Naturerscheinungen in jedem Augenblicke zu sehen, mag er sich auf der Strasse der Grossstadt oder in der freien Waldesnatur bewegen. Die sogenannte Langeweile ist für einen Menschen mit physikalischer Erziehung ein unmöglicher Begriff, denn genug des Lehrreichen, des Interessanten, des Schönen giebt es für den naturwissenschaftlich erzogenen Schüler, der sich stets in seinem grossen Heim der Natur wohl fühlt, wenn ihm nicht auf der Schule neun Jahre hindurch immer aufs neue erzählt ist, dass die reale Natur doch von zweifelhaftem Werte ist gegenüber den nur durch formale, gemeint ist sprachliche Bildung erreichbaren Idealen des menschlichen Lebens.

Die physikalischen Schülerübungen sollen nicht in das Gebiet der Hochschule übergreifen. Nicht wissenschaftliche Untersuchungen, die der Hochschule allein vorbehalten werden sollen, sind der Gegenstand der Schülerübungen. In den Schülerübungen sollen die Schüler angeleitet werden, an möglichst einfachen physikalischen Vorgängen die wesentlichen Bedingungen für den Vorgang von den unwesentlichen zu unterscheiden. Es ist wünschenswert, die Schülerübungen vollkommen organisch mit dem physikalischen Unterricht zu verschmelzen und für den Unterricht auszunützen. Wo dieses unmöglich ist, befürworte ich die Einführung wahlfreier Übungen, wobei jedoch den Lehrern die Zeit auf die Zahl der Pflichtstunden anzurechnen ist.

Die Frage der Revision des physikalischen Unterrichtsstoffes ist im Rahmen der heute verfügbaren Zeit unmöglich zu behandeln. Aber die Forderung der Revision möchte ich doch energisch ausgesprochen haben. Wir müssen auch hier dem Naturzwange der Wirklichkeit entsprechend manches Alte stürzen, um neues Leben aus den Ruinen entstehen zu lassen.

Classen (Hamburg): Ich will nur wenige Worte dem schon Gesagten hinzufügen, und dies dadurch rechtfertigen, dass ich als Vertreter des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg spreche, also desjenigen Kreises, aus dessen Mitte die Anregung zur Förderung des biologischen Unterrichts hervorgegangen ist. Das augenblicklich bestehende Verhältnis zwischen physikalischem und biologischem Unterricht möchte ich als ein gestörtes Gleichgewicht bezeichnen, das nach unser aller Wünsche wieder hergestellt werden muss. Der physikalische Unterricht hat in den letzten 20 Jahren erhebliche Fortschritte gemacht, seine Mittel sind erheblich reicher und besser geworden. Der biologische Unterricht dagegen ist so gut wie vollständig verschwunden. Das drückt sich auch darin aus, dass auf dem einen Gebiet der kräftige Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts besteht, der kräftig vorwärts arbeitet,

und die Biologen haben dem nichts gegenüber zustellen, als das auf Veranlassung der Hamburger Verhandlungen zusammengetretene Komité. Jetzt muss, wenn die Entwickelung gesund sein soll, ins Auge gefasst werden, dass das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Obwohl selbst Physiker, glaube ich doch, meinen Kollegen ruhig entgegentreten zu können mit dem Ausspruche, dass die Physik keinen Schaden erleiden wird, wenn sie erlaubt, dass die Biologie ihr nachkommt. Wenn gewünscht wird, dass die Physik zu Schülerübungen fortschreiten soll, so heisst das, dass die Schüler gewöhnt werden sollen, mit eigenen Augen zu sehen. Das können sie aber am besten lernen, wenn sie da sehen, wo am meisten zu sehen ist, d. h. in den Vorgängen der lebendigen Natur. Das kann auch die Physik nur begrüssen, auch von einem weiteren Gesichtspunkt. Der Standpunkt der heutigen Physik als Wissenschaft ist doch der, dass die Physik nur als Ziel hat, eine möglichst vollständige und einfache Beschreibung des Verlaufs der Erscheinungen zu geben. Wenn aber die Physik selbst nur eine Beschreibung der Thatsachen giebt, so hat sie als Naturwissenschaft kein Übergewicht über die Biologie; denn auch diese ist eine experimentelle Naturwissenschaft. Wenn daher schon durch Auswahl und Verteilung des Unterrichtsstoffes zum Ausdruck kommt, dass die sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften und die Physik durchaus gleichwertige und nebeneinander geordnete Wissenschaften sind, so können nur beide Teile gewinnen. Daher möchte ich betonen, dass in erster Linie die Einigkeit und das Gleichgewicht zwischen dem biologischen und dem physikalischen Unterricht wieder hergestellt werden mögen und dass beide gleichmässig erstarken. Es wird sich dann freilich zeigen, dass jetzt alles zu eng ist, und dass dann Bedürfnisse nach Vermehrung sich geltend machen werden; aber zuerst ist notwendig Einigkeit.

(Mehrere zur Diskussion angemeldete Redner verzichten aufs Wort, weil Einzelheiten noch in der Kommission erörtert werden können).

Archenhold (Berlin): Wenn ich nicht aufs Wort verzichte, so deshalb, weil zwei diametral entgegengesetzte Forderungen zu Tage getreten sind, und ich glaube, auf ein Mittel hinweisen zu können, das beiden Richtungen gerecht wird. Die eine Richtung fordert, dass neue Unterrichtsfächer eingeführt werden, die Biologie und auch die Anatomie wäre hier zu berücksichtigen. Andererseits verlangen die Hygieniker, der Unterricht soll nicht noch mehr belastet werden. Es scheint also, dass hier zwei Pferde nach verschiedenen Richtungen ziehen. Der einfache Ausweg scheint mir in folgendem zu bestehen, den Unterricht in verschiedenen Fächern ins Freie zu verlegen. Ich habe hierin bereits Erfahrungen gesammelt, ich habe in der Mathematik im Freien unterrichtet. Die Raumanschauungen treten da besonders in den Vordergrund. Ich habe einen Kursus von 12 Stunden im Freien abgehalten und dabei erreicht, was sonst nur in doppelter Stundenzahl erreicht würde, und der Unterricht hat nicht ermüdet, sondern ist auch in hygienischer Beziehung von Vorteil gewesen. Diese Bestrebungen haben in Charlottenburg dazu geführt, dass für kranke Kinder eine Waldschule mit Unterricht im Freien eingerichtet ist, und es ist wohl klar, dass die auch für die gesunden Kinder gesund und zuträglich sein dürfte.

Mit diesem Gedanken lässt sich vielleicht auch die Einführung des astronomischen Unterrichts in den Schulplan in bester Weise verbinden; denn es lassen sich an der Szenerie im Freien, am Himmel selbst die Bewegungen der Gestirne erläutern. Dass das notwendig ist, habe ich aus meiner mehr als siebenjährigen Erfahrung an der Treptow-Sternwarte erfahren. Vielfach werden wir von Lehrern mit ihren Schülern besucht; aber viele Lehrer kommen nicht zu uns heraus, weil sie fürchten, sich zu blamieren. Es kommt häufig vor, dass ein Lehrer nicht imstande ist, die Venus vom Jupiter zu unterscheiden. Das führt mich auch auf die Forderung des Herrn Geheimrat Klein, dass es sehr nötig ist, dass ein besonderes Semester eingerichtet wird, um den Lehrern Gelegenheit zu geben, sich auszubilden. Diese Forderung ist mit aller Energie immer wieder zu betonen, dass die Lehrer sich ausbilden können auf den Gebieten, die bisher von dem Unterrichte ausgeschlossen waren. Dann ist es nötig, grosse Mittel zu beschaffen. Das Ansehen dieser Gesellschaft ist vielleicht geeignet, auch Mittel auf privatem Wege zu beschaffen. Wenn wir bedenken, wie reichlich im Auslande solche Mittel fliessen, wie z. B. Carnegie für die vier schottischen Universitäten 2 Millionen Pfund, das sind 40 Millionen Mark, gestiftet hat, so ist vielleicht auch bei uns ähnliches nicht unmöglich, und gerade unsere Gesellschaft dürfte es ermöglichen, und die zu wählende Kommission dürfte dann geeignet sein, Fonds auch auf privatem Wege zusammen zu bringen. Dass das möglich ist, dafür ist ein Beweis die Existenz der Treptow-Sternwarte, und ich möchte vorschlagen, der Kommission auch diese Aufgabe zu erteilen, oder auch eine besondere Kommission zu ernennen, für den Zweck, um Mittel aufzubringen für die verschiedenen Lehr- und Forschungszwecke.

Rebmann (Karlsruhe): Ich bin nicht mit der Absicht hergekommen, das Wort zu ergreifen. Aber der Gang der Verhandlungen veranlasst mich zu einigen wenigen Worten. Herzlichen Dank sage ich dafür, dass die Herren Dozenten an der Universität sich mit so

viel Kraft und Geist und Wärme der Anteilnahme an den Arbeiten unseres Schulbetriebes zugewandt haben. Wenn erst die Zeit des Wünschens und Hoffens vorüber, und das Erreichbare in grössere Nähe gerückt ist, wird es sich herausstellen, dass für beide Teile aus dem Zusammenarbeiten sich ein reicher Gewinn ergeben wird.

Der zu wählenden Kommission möchte ich noch einen Wunsch auf ihren Weg mitgeben. Wir haben hier ein ganzes Bündel divergierender Vorschläge gehört, und in dem gegenwärtigen Stadium der Verhandlungen scheint es fast wie die Quadratur des Zirkels, alle Wünsche und Bestrebungen unter einen Hut zu bringen, oder auch nur für alle die Forderungen, deren jede ja ihre innere Berechtigung hat, einen mittleren Weg ausfindig zu machen.

Ich erinnere daran, dass unsere höheren Schulen ihren Charakter gegen früher geändert haben. Solange das Gymnasium die einzige Mittelschule war und einzig dem Zweck diente, seine Schüler auf die Universität vorzubereiten, lagen die Verhältnisse einfach. In den letzten hundert Jahren hat aber die Entwicklung der Forschungsgebiete die Universitäten und verwandten Anstalten gespalten und zu immer weiterer Teilung der Arbeitsgebiete gezwungen, und wie hier eine Differenzierung eingetreten ist, die die alte Einheit der universitas litterarum gesprengt hat, so hat auch das Mittelschulwesen das gleiche Schicksal gehabt. Wenn wir mehrfach den Wunsch gehört haben, dass für die mittleren Schulen ein einheitliches Ziel der Vorbildung zu wünschen sei, so fürchte ich, dass dieser Wunsch sich nicht mehr wird erfüllen lassen. Das Gymnasium hat man mehrfach schon bei den Veränderungsvorschlägen ausgeschieden und diese auf die Realanstalten beschränkt. Das zeigt schon die grosse Schwierigkeit, das wieder zu vereinigen, was auseinanderstrebt und tatsächlich schon auseinandergegangen ist. Man wird ferner daran festhalten müssen, dass die mittleren Schulen (Gymnasium, Realgymnasium und Oberrealschule) nicht mehr ausschliesslich der Vorbereitung zur Universität dienen, sondern dass ihnen weitere Ziele gesteckt sind. Weite Kreise unseres Volkes, die Offiziere, ein Teil des höheren Kaufmannsstandes, gewisse Schichten der technischen Kreise, alles Kräfte, die für das Leben unserer Nation von höchster Wichtigkeit sind, suchen auf unseren neunklassigen Schulen ihre Vorbildung und treten von diesen aus unmittelbar ins Leben ein.

So wird man die Bestrebungen und Wünsche der einzelnen Fächer unter den Gesichtspunkt einordnen müssen, was ist für die allgemeine Bildung nötig, was ist die Gesamtheit des Wissens und Könnens, welches diese Schulen vermitteln sollen und können. Man wird dann wohl dazu kommen, nicht von unten her die einzelnen Unterrichtsfächer zusammenzufassen und jedes nach seinem eigenen Wesen sich sein Endziel und die Wege dazu suchen zu lassen, sondern man wird den Lehrplan von diesen allgemeinen Gesichtspunkten aus von oben her aufbauen und von da aus die Einzelheiten ordnen müssen.

Für die Realanstalten werden wir so andere Bildungsziele aufstellen müssen, als für die Gymnasien. Ist man sich dann aber erst über diese Ziele klar, so wird man unschwer entscheiden können, welche Lehrstoffe vorzugsweise eine allgemein naturwissenschaftliche Bildung geben können. Der badische Lehrplan für die Oberrealschulen gibt schon einen Hinweis darauf. Nicht mit Spezialitäten aus der Physik und Chemie, mögen sie noch so lehrreich und interessant sein, schliesst hier der Unterricht der obersten Klasse ab, sondern mit Kosmographie und Geologie. Die grossen Gesetze des Weltbaus, die Entwicklungsgeschichte der Erde und der Organismen auf der Erde, das ist die Gedankenwelt, die als Ziel am Ende dieses Mittelschulunterrichts steht, die, soweit es die Mittel des physikalischen, chemischen und mathematischen Unterrichts gestatten, wissenschaftlich begründet und methodisch aufgebaut werden kann. Diese Gedankenwelt ist so grossartig, dass sie für das ganze Leben die Grundlage einer naturwissenschaftlichen Weltanschauung bilden kann.

Hält man diese allgemeine naturwissenschaftliche Bildung als Ziel fest, so ist von hier aus zu entscheiden, was unerlässlich, was notwendig, was entbehrlich ist. Die einzelnen Fächer werden sich dabei damit abfinden müssen, dass eben im Raum die Dinge hart sich drängen. Daran, dass die Unterrichtszeit an den genannten Schulen noch erhöht werde, ist nicht zu denken. Wenn nicht alle Zeichen trügen, wird im nächsten Menschenalter die Unterrichtszeit heruntergesetzt werden, im Interesse unserer Volksgesundheit. Wer selbst unterrichtet hat, weiss, dass, so lange der Nürnberger Trichter nicht erfunden ist, eine Vermehrung des Lehrstoffs ohne Vermehrung der Unterrichtszeit nicht zu denken ist, und eine Kürzung der Unterrichtszeit, eine Kürzung der Lehrziele zur unabweislichen Folge hat. Von einer „Verbesserung der Unterrichtsmethoden", die angeblich viel Zeit sparen soll, ist ein wesentlicher Gewinn an Zeit nicht zu hoffen. Die Unterrichtsmethode hängt da sehr eng mit der Persönlichkeit des Lehrers zusammen. Auch muss man sich hüten, die Forderungen auf das Niveau zu stellen, das ein vorzüglich begabter, ein genialer Lehrer erreichen kann; sondern die Lehrpläne müssen dem Durchschnitt der

Lehrer, ihrer durchschnittlichen Begabung und Leistungsfähigkeit Rechnung tragen. Wenn auch diese letzten Erwägungen geeignet sind, sich als Bleigewichte an unsere Wünsche zu hängen, so wollen wir uns doch die Freude an unserer Arbeit dadurch nicht vergällen lassen. *Πάντα ῥεῖ*, alles ist im Fluss, und die Fragen des Unterrichts stehen soweit voran im öffentlichen Interesse, dass wir eine glückliche Lösung der uns beschäftigenden Fragen wohl erhoffen dürfen. Sache der Kommission wird es sein, den Ausgleich der widerstreitenden und konkurrierenden Interessen zu finden, und ich will aufs herzlichste wünschen, dass sie in zwei Jahren so weit gekommen ist, dass ihre Arbeiten uns einen entschiedenen Fortschritt präsentieren, im Interesse unserer Jugend, im Interesse unserer Schulen.

Es wird darauf folgende Resolution angenommen:

In voller Würdigung der grossen Wichtigkeit der behandelten Frage spricht die Versammlung dem Vorstande den Wunsch aus, in einer möglichst vielseitig zusammengesetzten Kommission diese Frage weiter behandelt zu sehen, damit einer späteren Versammlung bestimmte, abgeglichene Vorschläge zu möglichst allseitiger Annahme vorgelegt werden können.

BESPRECHUNGEN.

V. Bjerknes, Carl Anton Bjerknes. Gedächtnisrede, gehalten vor der Gesellschaft der Wissenschaften zu Christiania am 17. April 1903. gr. 8. 31 Seiten mit 1 Bildnis. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1904. M. 1,20.

Der Lebensweg und Entwickelungsgang des eigenartigen Forschers, der sich als junger Bergwerksbeamter durch selbständiges Studium zum Mathematiker entwickelte und schon, ehe die Faraday-Maxwellschen Ideen bekannt wurden, bestimmt die Theorie der vermittelten Fernkräfte vertrat, wird hier durch seinen Sohn, den Vertrauten in seiner wissenschaftlichen Arbeit, mit warmem Herzen geschildert. Die Idee, dass eine enge Analogie bestehe zwischen den hydrodynamischen Fernkräften und den elektromagnetischen, beherrscht die Arbeit dieses ganzen Lebens. Schon in seinen ersten selbständigen Untersuchungen tritt dieser Gedanke auf und noch zwei Tage vor seinem Tode war der 77jährige mit der hydrodynamischen Analogie zu elektrodynamischen Erscheinungen beschäftigt. Obwohl Bjerknes' Lebensarbeit bisher auf die Entwickelung der Theorie der Fernkräfte, wofür sie ursprünglich bestimmt war, keinen Einfluss gehabt hat, vielmehr neben den breiten Bahnen der Forschungen der letzten Zeit hergeht, so hat sie doch schon heute Bedeutung gewonnen, weil seine Untersuchungsmethoden die Hydrodynamik selbst mit manchen wertvollen Ergebnissen bereichert haben. Man darf erwarten, dass eine Arbeit, die mit soviel Ernst, Energie und Hingebung durchgeführt worden ist, auch ferner Früchte tragen wird. Es ist schön, einen so reinen Charakter kennen zu lernen, wie er uns in diesem Lebensbild entgegentritt, einen Mann, der nur dem Interesse an der Sache gelebt hat, ohne für eigenen Ruhm und persönliches Behagen zu sorgen.

G. Mie.

(Eingegangen 14. September 1904.)

E. König, Die Farben-Photographie. Eine gemeinverständliche Darstellung der verschiedenen Verfahren nebst Anleitung zu ihrer Ausführung. gr. 8. VII u. 88 S. Mit einer Farbentafel. (Photographische Bibliothek XIX). Berlin, G. Schmidt. 1904. M. 2,50.

Praktisch kommen nur zwei Methoden der Farben-Photographie in Betracht: die subtraktive des Dreifarbendruckes und die additive der Chromoskopbilder. Nur die erste gestattet die Herstellung farbiger Papierbilder, doch ist ihre Ausführung so schwierig, dass sie in ihrer heutigen Technik noch keine Aussicht hat, populär zu werden. Ausserdem bleibt die Farbenprächtigkeit und Farbwahrheit ihrer Bilder hinter den durch Chromoskop-Photographie gewonnenen weit zurück. Die Verbreitung von Chromoskop-Bildern scheitert hauptsächlich daran, dass billige Chromoskope noch nicht käuflich zu haben sind. Ein weiterer Mangel aber, der viele davon abgehalten hat, selbst Versuche mit farbigen Photographien anzustellen, war das Fehlen einer kleinen Anleitung, in der die besten Rezepte zur Herstellung von Lichtfiltern und Sensibilisatoren zusammengestellt sind. Dem ist durch das vorliegende Büchlein abgeholfen, das durch diese Zusammenstellung auch für den Physiker von Wert ist. Wie schnelle Fortschritte gerade in der Auffindung neuer für photographische Zwecke geeigneter Farbstoffe gemacht werden, beweist z. B., dass es dem

Verfasser noch während der Abfassung seines Buches gelang, einen Sensibilisator herzustellen, der den Platten eine wesentlich grössere Rotempfindlichkeit verleiht, als die bisher gebräuchlichen Orthochrom und Äthylrot. Derselbe ist unter dem Namen Pinachrom in den Handel gebracht. Von allgemeinerem Interesse dürfte es auch sein, dass die Höchster Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning in Höchst auf Veranlassung des Verfassers sich bereit erklärt haben, speziell für optische Zwecke rein dargestellte Farbstoffe auch in kleinen Mengen abzugeben. Riesenfeld.

(Eingegangen 24. August 1904.)

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1903—1904, herausgegeben von Max Wildermann. 19. Jahrgang. gr. 8. XII und 518 S. mit 41 Abbildungen im Text. Freiburg i/B., Herdersche Verlagshandlung. 1904. M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 7,—.

Von dem bekannten Jahrbuch der Naturwissenschaften liegt wieder ein neuer Jahrgang vor, der wie immer eine Fülle des Interessanten bietet. Wenn auf ca. 500 Druckseiten die Fortschritte der gesamten Naturwissenschaften behandelt werden sollen, dann ist ohne weiteres einleuchtend, dass es sich in jedem einzelnen Gebiete nur um einzelne, ganz besonders in die Augen fallende Entdeckungen und Fortschritte handeln kann. Dass hierbei die Auswahl schwierig ist, wird jeder zugeben, und so findet sich denn bisweilen recht Nebensächliches Seite an Seite mit den wichtigsten Dingen, aber meistenteils ist wenigstens sachlich der einzelne Gegenstand richtig behandelt, so dass dem Laien schliesslich doch viel Gutes geboten wird. So werden denn auch die Leser dieser Zeitschrift zwar in physikalischer Hinsicht nichts Neues erfahren, aber zweifellos bei der Lektüre der übrigen Kapitel viel Interessantes finden und in diesem Sinne möchte der Referent dem Buche eine warme Empfehlung auf den Weg geben. E. Bose.

(Eingegangen 4. Oktober 1904.)

C. Engler und J. Weissberg, Kritische Studien über die Vorgänge der Autoxydation. XI und 204 Seiten. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1904. Geheftet M. 6,—.

Das vorliegende, dem Andenken Schönbeins gewidmete Buch verdient in der That eine besondere Empfehlung. Auf wenig Gebieten der Chemie giebt es soviel einander widersprechende Auffassungen und eine solche Fülle von zerstreuter Litteratur und Material, als gerade auf dem Gebiete der Autoxydation, der Sauerstoffübertragung und langsamen Verbrennung. Und dabei fehlte es bisher, abgesehen von Bodländers vorzüglichem kleinen Büchlein über langsame Verbrennung ganz an einer Zusammenfassung und übersichtlichen Darstellung. Dazu kommt, dass gerade die Erscheinungen der Sauerstoffübertragung eine noch bei weitem nicht genügend bekannte Wichtigkeit bei Vorgängen im tierischen und pflanzlichen Organismus besitzen und dass vielleicht gerade von dem Verständnis dieser Vorgänge ein grosser Fortschritt auch in biologischer Hinsicht zu erwarten ist. Die Hauptabschnitte des Buches sind: Geschichtliches; allgemeine Betrachtungen über die Vorgänge der Autoxydation und Systematik derselben; direkte Autoxydation; indirekte Autoxydation; Autokatalyse; die Beeinflussungen der Autoxydation (hier findet sich die Behandlung der für den Physiker besonders interessanten Passivität der Metalle); Rolle des Sauerstoffs im lebenden Organismus. Die Verfasser haben zweifellos ihren Hauptzweck, aus dem derzeit bestehenden Wirrwarr bekannter Thatsachen und einander widersprechender Meinungen einen möglichst übersichtlichen Überblick herauszuarbeiten, aufs beste erreicht. E. Bose.

(Eingegangen 4. Oktober 1904.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Es habilitierte sich an der Universität Krakau Dr. Thaddäus Estreicher als Privatdozent für anorganische und theoretische Chemie.

Dem o. Professor des Eisenbahnbaues an der technischen Hochschule in Wien Dr. techn. Rudolf Peithner Ritter v. Lichtenfels ist der Titel und Charakter eines Hofrates, dem Privatdozenten für Meteorologie an der Technischen Hochschule zu Berlin Dr. C. Kassner das Prädikat Professor verliehen worden.

Der Assistent der Seewarte Dr. phil. Maurer ist zum Physiker im Reichsmarineamt ernannt worden.

Gestorben ist der frühere Professor der Mathematik und Geodäsie an der Forstakademie zu Münden, Forstmeister Schering, im Alter von 70 Jahren, zu Genthin, in Dresden der bisherige Professor an der Kgl. Bergakademie zu Freiberg Clemens Alexander Winkler im 66. Lebensjahre.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.